



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN SISTEM INSTRUMENTASI
ELEKTROKARDIOGRAM DAN AKTIFITAS GERAK
SECARA WIRELESS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Fisika**

TESIS

**ACHMAD HINDASYAH
0706172203**

**FAKULTAS
MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM MAGISTER FISIKA
KEKHUSUSAN INSTRUMENTASI
DEPOK
DESEMBER 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Achmad Hindasyah

NPM : 0706172203

Tanda Tangan :

Tanggal : 22 Desember 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Achmad Hindasyah

NPM : 0706172203

Program Studi : Magister Fisika

Judul Tesis : Rancang Bangun Sistem Instrumentasi Elektrokardiogram Dan Aktifitas Gerak Secara Wireless

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Fisika pada Program Studi Magister Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Sastra Kusuma Wijaya ()

Pembimbing : Dr. Pratondo Busono ()

Penguji : Prof. Dr. B.E.F. da Silva, M.Sc, DEA ()

Penguji : Dr. Martarizal ()

Penguji : Dr. Prawito ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal :

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Achmad Hindasyah
NPM : 0706172203
Program Studi : Magister Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Tesis

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : **Rancang Bangun Sistem Instrumentasi Elektrokardiogram Dan Aktivitas Gerak Secara Wireless** beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 22 Desember 2009
Yang menyatakan

(Achmad Hindasyah)

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Alloh Subhanahu Wata'ala, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Fisika program Magister Fisika kekhususan Instrumentasi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Sastra Kusuma Wijaya, selaku dosen pembimbing pertama yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
- (2) Dr. Pratondo Busono selaku dosen pembimbing kedua yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
- (3) Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi khususnya Pusat Pusat Teknologi Farmasi dan Medika yang telah banyak membantu dalam usaha membuat dan menguji sistem instrumentasi yang saya buat dan memperoleh data yang saya perlukan;
- (4) Kepala Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir - BATAN yang telah memberikan dukungan dan dorongan moral dalam menyelesaikan tesis ini;
- (5) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- (4) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Alloh Subhanahu Wata'ala berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 22 Desember 2009

Achmad Hindasyah

ABSTRAK

Nama : Achmad Hindasyah
Program Studi : Magister Fisika
Judul : Rancang Bangun Sistem Instrumentasi Elektrokardiogram dan
Aktivitas Gerak Secara Wireless

Tesis ini membahas tentang perancangan dan pembuatan sistem instrumentasi untuk membaca data elektrokardiogram dan aktivitas gerak tanpa kabel. Perangkat keras sistem ini terdiri dari elektroda, sensor percepatan, pengkondisi sinyal, RTC, mikrokontroler ATmega8, radio modem RF dan personal komputer. Perangkat lunak yang digunakan terdiri dari dua yaitu bahasa basic dengan kompiler Bascom AVR yang ditanam pada flash mikrokontroler sedangkan perangkat lunak pada komputer menggunakan bahasa Borland Delphi 7. Data elektrokardiogram, data kecepatan, jam dan tanggal pengukuran dibaca oleh mikrokontroler melalui port ADC dan port TWI. Data-data ini dikirimkan ke komputer secara serial melalui transmiter radio modem. Receiver radio modem menerima data-data tersebut dan mengirimkannya ke komputer melalui port USB yang difungsikan sebagai virtual COM. Komputer akan menampilkan data-data tersebut dalam bentuk grafik dan numerik. Data pengukuran numerik disimpan dalam bentuk file teks. Dari hasil pengujian sistem diperoleh bahwa aktifitas gerak tubuh berpengaruh terhadap interval parameter gelombang P-QRS-T.

Kata kunci : elektrokardiogram, *wireless*, aktivitas gerak.

ABSTRACT

Name : Achmad Hindasyah
Study Program: Magister Fisika
Title : Design and Development of Electrocardiogram and Motion
Activity Wireless Instrumentation System.

The focus of this study is the design and development of electrocardiogram and motion activity wireless instrumentation system. The hardware of this system consist of electrode, accelero sensor, signal conditioning, RTC, microcontroller ATmega8, RF radio modem and personal computer. The software consist of basic language with Bascom AVR compiler that will be filled in the flash memory of microcontroller and on computer personal using Borland Delphi 7. The data of electrocardiogram, velocity, time and date of measurement are read by microcontroller trough ADC and TWI port. The data are transmitted as serial data to computer using radio modem. Receiver receives the data and transmits to computer trough USB port. Computer display the data as graphical and numerical. The numerical data are saved as text file. From the result of testing obtained that the body motion activity influences to parameters interval of P-QRS-T wave.

Key words: electrocardiogram, wireless, motion activity

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Metodologi	4
1.5 Tempat Penelitian	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Elektrokardiografi	6
2.2 Sensor EKG	7
2.3 Penguat Instrumentasi	8
2.4 Filter	12
2.5 Sensor Accelerometer ADXL202	13
2.6 I2C Integrated RTC DS3231	15
2.6.1 Register Untuk Tujuan Khusus	18
2.6.2 I2C Serial Data Bus	19
2.7 Mikrokontroler ATmega8L	21
2.7.1 Arsitektur Mikrokontroler AVR ATmega8L	24
2.7.2 Organisasi Memori	24
2.7.3 Status Register (SREG)	25
2.7.4 Register Serbaguna	26
2.7.5 Register Fungsi Khusus I/O (SFIO)	26
2.7.6 Port I/O	27
2.7.7 Stack Pointer	28
2.7.8 Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter	28
2.7.9 Two-Wire Interface (TWI)	33
2.7.10 Analog to Digital Converter (ADC)	36
2.8 Radio Modem YS1020L RF Data Transceiver	40
2.9 Pengubah Komunikasi Serial USB Ke RS232	41

3. METODA PENELITIAN	43
3.1 Perancangan Perangkat Keras	43
3.1.1 Penguat Instrumentasi	44
3.1.2 Tapis Lolos Pita	45
3.1.3 Penguat Tak Membalik	46
3.1.4 Sensor Percepatan Menggunakan ADXL202	47
3.1.5 Pewaktuan Dengan RTC DS3231	48
3.1.6 Integrasi dengan ATmega8L	48
3.1.7 Konverter RS232 ke USB Menggunakan FTDI232	50
3.2 Perancangan Perangkat Lunak	51
3.2.1 Program Mikrokontroler	51
3.2.2 Program Pada Komputer	
4. PEMBAHASAN	63
4.1 Perangkat Keras	64
4.2 Perangkat Lunak	69
4.3 Data Percobaan	71
5. KESIMPULAN	85
DAFTAR REFERENSI	87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Program Komputer
Lampiran 2	Maxim Extremely Accurate I2C Integrated RTC/TCXO/Crystal
Lampiran 3	Single Supply Quad Operational Amplifier LM324
Lampiran 4	Low Cost +2g/+10g Dual Axis iMEMS Accelerometer with Digital Output
Lampiran 5	Low Power Instrumentation Amplifier INA102
Lampiran 6	Data Pengukuran EKG



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Bandwidth dan pemilihan nilai kapasitor	14
Tabel 2.2	Offset dan sensitivitas ADXL202 pada $V_{DD} = 5$ Volt	15
Tabel 2.3	Alternatif penggunaan tegangan pada DS3231	16
Tabel 2.4	Peta alamat register DS3231	17
Tabel 2.5	Register kontrol	18
Tabel 2.6	Register status	19
Tabel 2.7	Konfigurasi pin untuk definisi port	27
Tabel 2.8	Pengaturan ukuran data tiap frame	31
Tabel 2.9	Pengaturan baud rate dan nilai UBRR	32
Tabel 2.10	Skala clock TWI	35
Tabel 2.11	Pengaturan tegangan ADC	38
Tabel 2.12	Pemicu ADC	40
Tabel 4.1	Pengujian penguat	64
Tabel 4.2	Pengujian modul akuisisi data	66
Tabel 4.3	Hasil kalibrasi dan sensitivitas sensor ADXL202	72
Tabel 4.4	Perbandingan amplitudo gelombang P-QRS-T	76
Tabel 4.5	Perbandingan interval waktu gelombang P-QRS-T	76
Tabel 4.6	Perbandingan amplitudo gelombang P-QRS-T dengan kecepatan lari berbeda	82
Tabel 4.7	Perbandingan interval waktu gelombang P-QRS-T dengan kecepatan lari berbeda	82
Tabel 4.8	Penghitungan nilai rata-rata dan standar deviasi amplitudo dengan 10 kali pengukuran	83
Tabel 4.9	Penghitungan nilai rata-rata dan standar deviasi interval waktu gelombang P-QRS-T dengan 10 kali pengukuran	84

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Jantung adalah organ penting dalam tubuh manusia yang difungsikan untuk memompa darah keseluruh tubuh. Proses pemompaan darah ini terjadi karena otot jantung berkontraksi akibat mendapat rangsangan elektris atau impuls. Rangsangan elektris berawal dari potensial aksi yang terjadi pada sel-sel otot jantung. Potensial aksi berawal dari keadaan depolarisasi dan keadaan repolarisasi membran sel autoritmik. Untuk mengetahui aktivitas elektris otot jantung diperlukan pencatatan atau perekaman dari permukaan tubuh.

Elektrokardiogram adalah grafik atau gambaran rekaman aktivitas elektris otot jantung. Rekaman ini dapat dilihat pada alat yang disebut elektrokardiograf. Dengan meletakkan elektroda dipermukaan tubuh, pada tempat yang sesuai, tegangan listrik yang dihasilkan dapat direkam. Grafik rekaman tegangan listrik yang dihasilkan otot-otot jantung selama siklus jantung inilah yang disebut elektrokardiogram. Elektrokardiogram diperoleh sesuai dengan depolarisasi dan repolarisasi serambi dan bilik. Untuk memperoleh elektrokardiogram beberapa elektroda dipasang pada permukaan tubuh. Elektroda berfungsi sebagai sensor yang mengubah besaran kimia dari energi ionis menjadi besaran elektris. Perekaman ini akan menampilkan keadaan depolarisasi dan repolarisasi otot jantung, berupa gelombang P yang disebabkan oleh depolarisasi serambi, gelombang QRS karena repolarisasi bilik dan gelombang T yang disebabkan repolarisasi bilik.

Dari grafik ini dokter akan mendapatkan informasi tentang aktivitas elektris otot jantung untuk membantu diagnosis tentang keadaan jantung. Standar klinis elektrokardiogram terdiri dari tiga yaitu menggunakan 12 lead, vectorcardiogram dan monitoring EKG. Penggunaan 12 lead (sandapan) dapat digunakan untuk menganalisa kesehatan jantung pasien. Verctorcardiogram merupakan salah satu teknik pengambilan sinyal jantung menggunakan konfigurasi segitiga Einthoven yang hanya menggunakan 3 lead.

Vectorcardiogram terdiri dari ekstrimitas dwikutub, sandapan ekstrimitas ekakutub dan sandapan eka kutub dada (Grzegorz Sapota & Zygmunt Wrobel, 2004). Monitoring EKG digunakan untuk memantau kondisi kesehatan jantung pasien dalam jangka waktu yang panjang, metoda ini hanya menggunakan 1 atau 2 elektroda yang ditempelkan pada titik tertentu.

Untuk dapat melakukan pengukuran jantung (EKG) dan aktivitas gerak pada seseorang secara jarak jauh, maka pada penelitian ini akan dilakukan rancang bangun sistem instrumentasi EKG dan aktivitas gerak tanpa kabel (*wireless*). Sistem ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras sistem terdiri dari tiga buah sensor elektroda (lead) untuk pengukuran EKG, pengkondisi sinyal, sensor percepatan, *real time clock* (RTC), mikrokontroler AVR, radio modem, konverter USB ke RS232 dan personal komputer. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan sebagai pengendali perangkat keras dan akuisisi data terdiri dari program yang akan ditanam pada memori flash mikrokontroler menggunakan *compiler* BASCOM AVR dan program pada komputer menggunakan Borland DELPHI 7.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Penelitian ini menitik beratkan pada pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak yang mampu membaca kondisi seseorang dengan batasan besaran medis pada kondisi jantung dan aktivitas gerak. Disamping itu akan dibuat pula pewaktu digital menggunakan RTC yang berguna untuk mengetahui jam dan tanggal pengukuran. Sinyal jantung dibaca dengan menggunakan metoda vectorcardiograf dengan menggunakan 3 buah lead sedangkan aktivitas gerak dideteksi menggunakan sensor percepatan (*accelerometer*). Selanjutnya sinyal keluaran dari kedua perangkat sensor ini dikondisikan agar terbebas dari noise dan mempunyai keluaran yang sesuai dengan resolusi masukan ADC. Untuk itu, perlu dibuat perangkat pengkondisi sinyal yang terdiri dari amplifier, filter dan buffer. Digitalisasi kedua data dari pengkondisi sinyal dilakukan dengan menggunakan ADC internal yang terdapat dalam chip microcontroller ATmega8. Sedangkan pewaktuan dari RTC akan dibaca mikrokontroler melalui komunikasi TWI/I2C.

Selanjutnya data-data ini, yang terdiri dari data EKG, percepatan, tanggal dan jam dikirim ke komputer melalui radio modem RF transceiver. Data yang diterima dikomputer ditampilkan dalam bentuk grafik maupun numerik. Dengan diketahuinya hubungan antara isyarat jantung dengan aktivitas gerak diharapkan kondisi seseorang dapat terdeskripsi.

1.3 TUJUAN

- Dapat merancang dan membangun perangkat medis yang mampu mengukur dan memantau kondisi jantung dan aktivitas gerak secara *real time*.
- Dapat merealisasikan aplikasi wireless modem RF transceiver untuk monitoring kondisi jantung dan aktivitas gerak secara *wireless*.
- Dapat menampilkan data pengukuran secara grafis maupun numerik.
- Dapat menyimpan data pengukuran dalam bentuk file teks
- Dapat memberikan informasi kondisi jantung dan aktivitas gerak.

1.4 METODOLOGI

Rancang bangun sistem EKG dan aktivitas gerak ini diawali dengan mempersiapkan dan mempelajari literatur komponen, program BASCOM AVR dan program DELPHI 7 yang akan digunakan. Selanjutnya dilakukan perancangan dan pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak atau program. Setelah pembuatan perangkat keras, selanjutnya dilakukan perancangan dan pembuatan program. Program terdiri dari dua bagian yaitu program yang akan ditanam pada chip mikrokontroler ATmega8 yang dibangun menggunakan bahasa Basic AVR dan program antarmuka untuk akuisisi data yang dibangun menggunakan bahasa Delphi 7.

Perangkat keras yang dibuat adalah pengkondisi sinyal elektroda EKG yang terdiri dari penguat instrumentasi, filter dan buffer, disamping itu akan dibuat pula rangkaian sensor gerak menggunakan sensor ADXL202. Dengan menggunakan sensor gerak ini, gerak atau vibrasi tubuh dalam arah vertikal dapat terdeteksi. Sinyal EKG melalui pengkondisi sinyal dan sensor gerak akan dibaca

oleh mikrokontroler melalui ADC internal. Selain itu akan dibuat pula rangkaian pewaktuan menggunakan RTC DS3231 yang berfungsi untuk mengidentifikasi tanggal dan jam pengukuran. Pewaktuan ini akan dibaca oleh mikrokontroler melalui port TWI/I2C. Keempat data ini yaitu sinyal EKG, percepatan gerak arah vertikal, tanggal dan jam akan dikirim oleh mikrokontroler melalui port serial RS232 dalam bentuk paket data yang kemudian ditransmisikan oleh RF data transceiver sebagai trasmitter ke komputer. Data ini diterima oleh receiver RF data transceiver dan kemudian dibaca oleh komputer melalui perangkat konverter RS232 ke USB dengan menggunakan program. Program membaca perangkat konverter RS232 ke USB sebagai *virtual* COM, sehingga komunikasi serial tetap menggunakan mode RS232 hanya melalui port USB. Keempat data tersebut kemudian ditampilkan dalam bentuk numerik yang dapat disimpan dalam bentuk file teks dan grafik.

Perangkat lunak atau program terdiri dari dua bagian yaitu program mikrokontroler yang ditanam di flash mikrokontroler dan program akuisisi data pada komputer personal. Program mikrokontroler dibangun menggunakan bahasa BASCOM AVR sedangkan program pada komputer menggunakan bahasa Borland Delphi 7. Program mikrokontroler terdiri dari program untuk mengakses ADC yang akan digunakan untuk membaca data EKG dan data percepatan, program I2C yang akan digunakan untuk membaca data tanggal dan jam dari RTC dan program serial yang akan digunakan untuk mengirim data EKG, percepatan, jam dan tanggal ke komputer.

Berdasarkan pada penjelasan di atas maka tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Sinyal jantung dibaca dengan menggunakan metoda vectorcardiograph dengan menggunakan 3 buah lead. Untuk itu akan dibuat perangkat pengkondisi sinyal yang terdiri dari amplifier, filter dan buffer.
2. Aktivitas gerak dideteksi menggunakan sensor percepatan ADXL202 yang mampu mendeteksi pergerakan dalam arah vertikal. Untuk itu akan dilakukan pembuatan rangkaian sensor gerak

3. Pembuatan rangkaian pewaktuan menggunakan IC RTC DS3231. Komponen ini memiliki *clock internal* dan register-register yang menyimpan data detik, menit, jam, tanggal bulan dan tahun.
4. Integrasi pengkondisi sinyal, sensor gerak dan pewaktuan dengan mikrokontroler ATmega8L.
5. Pembuatan program untuk menset jam dan tanggal RTC DS3231 agar sesuai dengan waktu dan tanggal sekarang.
6. Pembuatan program mikrokontroler berbasis BASCOM AVR untuk mendrive ADC internal, komunikasi I2C dan komunikasi serial RS232 .
7. Pembuatan program pada komputer menggunakan Borland Delphi 7 untuk menangkap data dari modem *receiver*, menampilkan data dalam bentuk grafik dan numerik, menyimpan data karakteristik dari jantung dan aktivitas gerak.

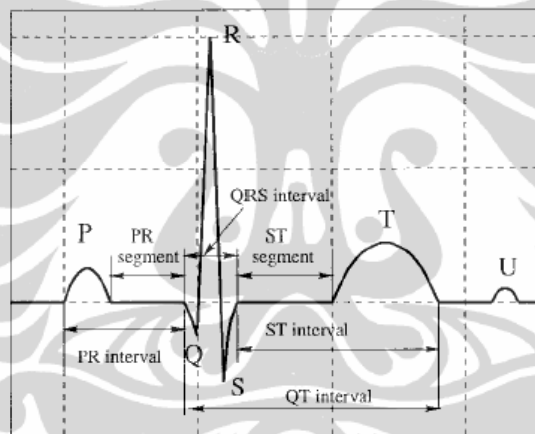
1.5 TEMPAT PENELITIAN

Penelitian tesis ini dilakukan di Pusat Teknologi Farmasi dan Medika – BPPT. Kawasan PUSPIPTEK – Serpong, Tangerang-Banten

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 ELEKTROKARDIOGRAFI

Jantung adalah organ penting dalam tubuh manusia yang difungsikan untuk memompa darah keseluruh tubuh. Proses pemompaan darah ini terjadi karena otot jantung berkontraksi akibat mendapat rangsangan elektris atau impuls. Rangsangan elektris berawal dari potensial aksi yang terjadi pada sel-sel otot jantung (Bronzino, J.D., 1995). Potensial aksi berawal dari keadaan depolarisasi dan keadaan repolarisasi membran sel autoritmik. Untuk mengetahui aktivitas elektris otot jantung diperlukan pencatatan atau perekaman dari permukaan tubuh.

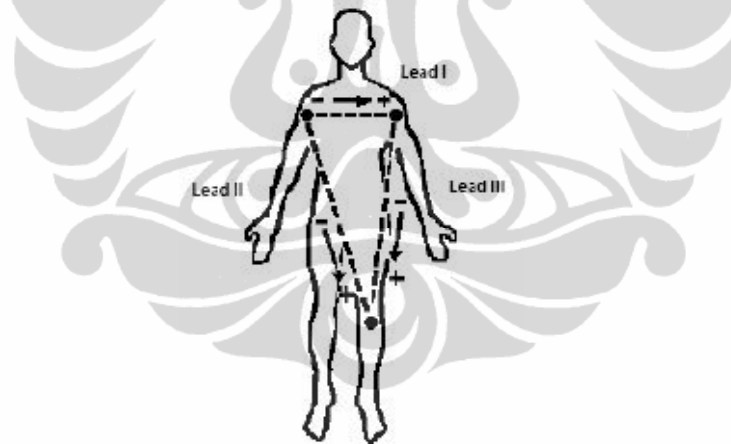


Gambar 2.1. Parameter-parameter pada isyarat EKG

Elektrokardiogram adalah grafik atau gambaran rekaman aktivitas elektris otot jantung. Rekaman ini dapat dilihat pada alat yang disebut elektrokardiograf. Dengan meletakkan elektroda dipermukaan tubuh, pada tempat yang sesuai, tegangan listrik yang dihasilkan dapat direkam. Grafik rekaman tegangan listrik yang dihasilkan otot-otot jantung selama siklus jantung inilah yang disebut elektrokardiogram. Elektrokardiogram diperoleh sesuai dengan depolarisasi dan repolarisasi serambi dan bilik (Henry Feldman, 1999). Untuk memperoleh elektrokardiogram beberapa elektroda dipasang pada permukaan tubuh. Elektrode berfungsi sebagai sensor yang mengubah besaran kimia dari energi ionis menjadi besaran elektris. Perekaman ini akan menampilkan keadaan depolarisasi dan

repolarisasi otot jantung, berupa gelombang P yang disebabkan oleh depolarisasi serambi, gelombang QRS karena repolarisasi bilik dan gelombang T yang disebabkan repolarisasi bilik, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.1.

Dari grafik ini dokter akan mendapatkan informasi tentang aktivitas listrik otot jantung untuk membantu diagnosis tentang keadaan jantung. Standar klinis elektrokardiogram terdiri dari tiga yaitu menggunakan 12 lead, vectorcardiogram dan monitoring EKG. Penggunaan 12 lead (sandapan) dapat digunakan untuk menganalisa kesehatan jantung pasien. Vectorcardiogram merupakan salah satu teknik pengambilan sinyal jantung menggunakan konfigurasi segitiga Einthoven yang hanya menggunakan 3 lead, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.2. Vectorcardiogram terdiri dari sandapan ekstrimitas dwikutub, sandapan ekstrimitas ekakutub dan sandapan eka kutub dada. Monitoring EKG digunakan untuk memantau kondisi kesehatan jantung pasien dalam jangka waktu yang panjang, metoda ini hanya menggunakan 1 atau 2 elektroda yang ditempelkan pada titik tertentu.



Gambar 2.2. konfigurasi segitiga Einthoven

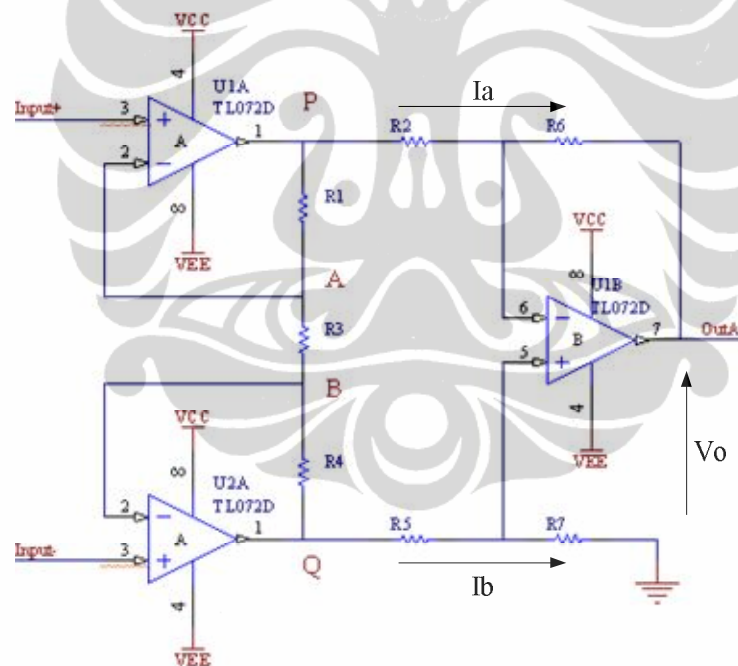
2.2 SENSOR EKG

Sensor yang digunakan untuk mendeteksi denyut jantung adalah sensor elektroda. Elektroda adalah sensor/transduser yang mengubah energi ionis dari sinyal jantung menjadi energi listrik untuk akuisisi dan pengolahan datanya (Aston, R., 1991). Elektroda ini ditempelkan pada permukaan kulit pasien pada

lokasi yang sudah ditentukan yang disebut sandapan atau *leads*. Elektroda yang dipakai adalah jenis tempel dengan bahan dari perak klorida (AgCl).

2.3 PENGUAT INSTRUMENTASI

Penguat instrumentasi merupakan penguat loop tertutup dengan masukan diferensial dan penguatannya dapat diatur tanpa mempengaruhi nisbah penolakan modus bersama (*common mode rejection ratio* – CMMR). Fungsi utama penguat instrumentasi adalah memperkuat tegangan yang berasal dari sensor secara akurat (Gayakwad, R. A., 1993). Penguat instrumentasi yang bermutu tinggi dibuat dalam bentuk hybrid yaitu campuran IC dan komponen diskrit. Salah satu contoh penguat instrumentasi adalah penguat buatan analog device AD620, AD623, AD624 dan INA102 buatan Burr-Brown.



Gambar 2.3. Penguat Instrumentasi

Penguat instrumentasi dapat dibuat menggunakan op-amp. Mutu penguat ini bergantung pada mutu op-amp yang digunakan seperti offset masukan, impedansi masukan, drift pada tegangan keluaran, CMMR dan lain sebagainya. Disamping itu CMMR dan ketepatan penguat op-amp bergantung pada presisi

komponen pasif yang digunakan. Rangkaian penguat instrumentasi yang lazim dan sering digunakan seperti diperlihatkan pada Gambar 2.3.

Rangkaian penguat instrumentasi ini dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian I terdiri dari, U1B, R2, R5, R6 dan R7, sedangkan bagian II terdiri dari U1A, U2A, R1, R3 dan R4. Pada bagian I, karena masukan diferensial dari op-amp sangat tinggi maka dianggap arus pada kedua masukan sama, $I_- = I_+$ (pada kaki 5) = 0 sehingga dengan menggunakan hukum Kirchoff diperoleh :

$$\begin{aligned} - &= (2 + 6) \\ -0 &= (5 + 7) \end{aligned} \quad (2.1)$$

Selanjutnya dengan menggunakan sifat op-amp yang lainnya yaitu bahwa masukan pembalik dan tak membalik ada dalam hubungan singkat virtual, karena itu :

$$= 6 + 7 \quad (2.2)$$

Dari ketiga persamaan ini diperoleh :

$$= 1 + \frac{\dots}{\dots} - \frac{\dots}{\dots} \quad (2.3)$$

Agar tegangan keluaran sebanding dengan selisih tegangan isyarat masukan, maka harus dibuat agar $R5=R2$ dan $R7=R6$, sehingga diperoleh :

$$= \frac{\dots}{\dots} - \frac{\dots}{\dots} \quad (2.4)$$

Jadi penguatan diferensial untuk bagian I ini sebesar :

$$= \frac{\dots}{\dots} \quad (2.5)$$

Penguatan common mode dapat diperoleh bila menggunakan $V_P = V_Q = V_{CM}$, maka persamaan (2.3) menjadi :

$$= 1 + \frac{\dots}{\dots} - \frac{\dots}{\dots} \quad (2.6)$$

Seperti telah disebutkan di atas, jika digunakan $R5=R2$ dan $R7=R6$ diperoleh penguat diferensial. Tetapi, dalam prakteknya tidak mungkin membuat dua hambatan yang tepat sama. Resistor yang ada dipasaran mempunyai toleransi minimum 1%. Misalkan,

$$\frac{\dots}{\dots} - \frac{\dots}{\dots} = \Delta \ll 1 \quad (2.7)$$

Maka,

$$\dots = \frac{\dots}{\dots} = 1 + \frac{\dots}{\dots} \Delta \quad (2.8)$$

Dari persamaan (2.8) diperoleh *common mode rejection ratio* (CMMR), sebagai berikut:

$$= \frac{1}{\Delta} = \frac{1}{\Delta} \quad (2.9)$$

Tampak bahwa jika $\Delta = 1\%$ dan $R_2 = R_6$ maka $CMMR \cong 30$ dB, jadi agar diperoleh CMMR yang tinggi diperlukan komponen dengan presisi tinggi pula.

Pada bagian II, karena masukan pembalik dan tak membalik pada op-amp berada pada hubungan singkat virtual, maka tegangan pada titik A, $V_A = V_{input+}$ dan tegangan pada titik B, $V_B = V_{input-}$, disamping itu karena hambatan masukan diferensial pada kedua op-amp sangat besar maka arus yang masuk pada kaki 2 sama dengan nol ($I_2 = 0$), akibatnya :

$$= - = (1 + 3 + 4) \quad (2.10)$$

Tetapi $V_A - V_B = I_{PQ}R_2$, sehingga diperoleh :

$$= 1 + \frac{1}{\Delta} = \frac{1}{\Delta} \quad (2.11)$$

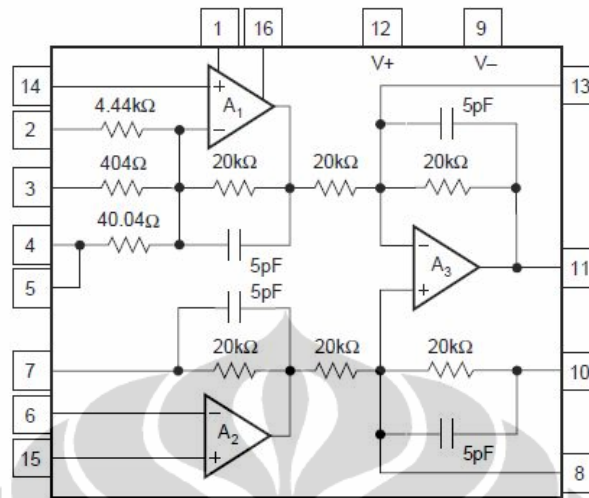
Persamaan (2.11) menyatakan bahwa jika V_{input+} dan $V_{input-} = V_{CM}$ maka $V_{PQ} = 0$ sehingga $A_{v,CM} = 0$ yang berarti bahwa pada rangkaian Gambar 2.3 penurunan CMMR hanya disebabkan oleh bagian I saja, yang berarti bahwa R_2, R_6, R_5 dan R_7 yang harus mempunyai nilai presisi. Penguatan total dari seluruh rangkaian pada Gambar 2.3 dapat diperoleh dengan menggabungkan persamaan (2.4) dengan (2.11) yaitu :

$$= 1 + \frac{1}{\Delta} = \frac{1}{\Delta} \quad (2.12)$$

Penguat Instrumentasi INA102

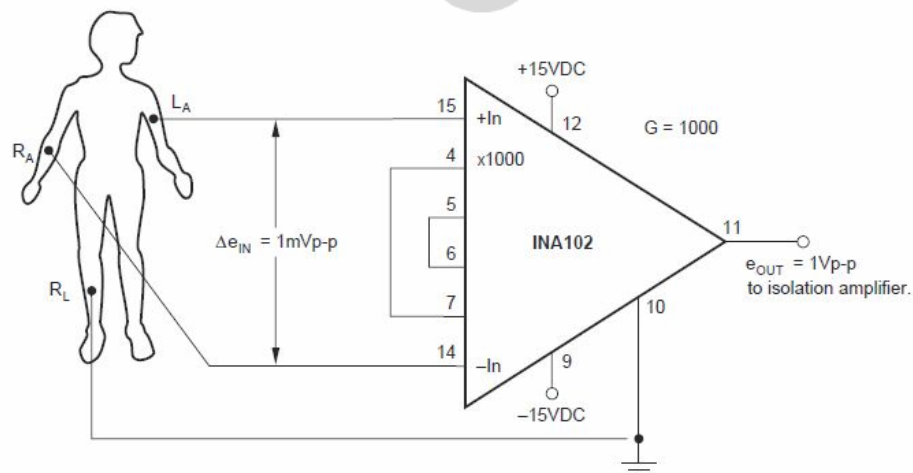
INA102 merupakan penguat instrumentasi dalam satu chip rangkaian terpadu yang berfungsi sebagai pengkondisi sinyal dengan memiliki akurasi tinggi dan suplay daya yang rendah. Penguatan sinyal menggunakan INA102 dapat dipilih antara 1, 10, 100 atau 1000 kali dengan sangat mudah. Rangkaian INA102 seperti diperlihatkan pada Gambar 2.4. Tiga buah op-amp dan resistor-resistor digunakan sebagai konfigurasi penguatan penguat. Masukan buffer A1 dan A2 mempunyai unjuk kerja yang tinggi dan drift penguatan yang rendah. Penguat disambungkan dengan masukan tak membalik untuk mendapatkan hambatan masukan yang sangat tinggi sebesar $10^{10} \Omega$. Pada keluaran, op-amp A3

disambungkan dengan resistor-resistor sebesar 20 k Ω untuk mendapatkan konfigurasi penguat dengan penguatan satu.



Gambar 2.4. Diagram rangkaian dalam INA102

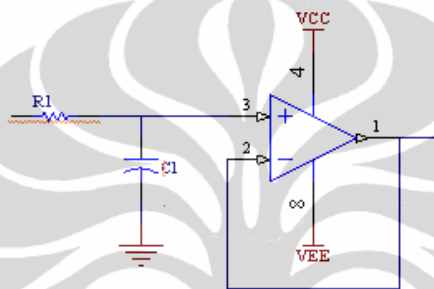
Penggunaan penguat instrumentasi sangat banyak ragamnya khususnya untuk penguat sinyal-sinyal dari sensor seperti *strain gauge*, termokopel dan RTD, penguat EKG dan lain-lain. Pada Gambar 2.5 ditunjukkan penggunaan penguat instrumentasi untuk membaca data EKG. Parameter penting yang harus dimiliki oleh penguat instrumentasi adalah CMMR, hambatan masukan, tegangan offset dan drift, akurasi penguatan, linieritas dan noise. Untuk INA102, parameter-parameter tersebut dapat diperoleh pada data sheet INA102 seperti pada lampiran.



Gambar 2.5. Penguat instrumentasi untuk membaca data EKG.

2.4 FILTER

Filter adalah sebuah rangkaian yang dirancang agar melewatkan sinyal dengan frekwensi tertentu seraya memperlemah semua isyarat diluar pita frekwensi tersebut. Jaringan filter bisa bersifat pasif yang hanya terdiri dari komponen-komponen pasif saja dan bersifat aktif yang bisa terdiri dari komponen pasif dan komponen aktif. Ada empat jenis filter yaitu filter *low-pass*, filter *high-pass*, filter *band-pass* dan filter *band-elimination* atau filter takik (Arthur B. Williams & Fred J. Taylor, 1988).

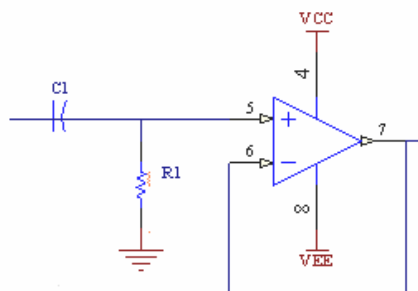


Gambar 2.6. Rangkaian filter aktif *low pass*

Filter aktif *low pass* dapat dibuat dengan membuat rangkaian RC dan op-amp yang digunakan sebagai penguat dengan penguatan satu, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.6. Dengan menggunakan rangkaian ini maka dapat dihitung fungsi alih yang merupakan perbandingan antara tegangan keluaran kompleks $V_o(\omega)$ dan tegangan masukan kompleks $V_i(\omega)$ sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \left(\frac{V_o(\omega)}{V_i(\omega)} \right) &= \frac{V_o(\omega)}{V_i(\omega)} = \frac{1}{1 + j\omega RC} \\ &= \frac{1}{1 + j\omega RC} \end{aligned} \quad (2.13)$$

Dimana $\omega_p = 1/RC$ merupakan frekwensi kutub.



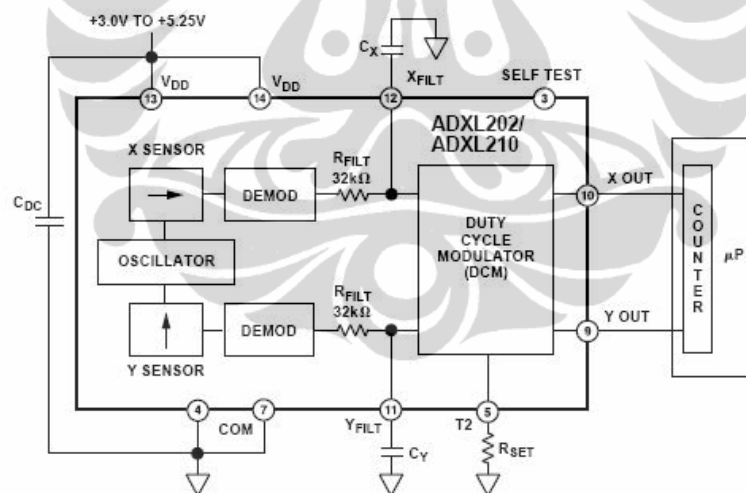
Gambar 2.7. Rangkaian filter aktif *high pass*

Filter aktif high pass dapat dibuat dengan membuat rangkaian RC dan op-amp yang digunakan sebagai penguat dengan penguatan satu, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.7. Dengan menggunakan rangkaian ini maka dapat dihitung fungsi alih yang merupakan perbandingan antara tegangan keluaran kompleks $V_o(\omega)$ dan tegangan masukan kompleks $V_i(\omega)$ sebagai berikut :

$$G(\omega) = \frac{V_o(\omega)}{V_i(\omega)} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$
(2.14)

Dimana $\omega_p = 1/RC$ merupakan frekwensi kutub. Tanggapan amplitudo kedua rangkaian ini dapat diperoleh dengan cepat dengan menggunakan bagan Bode. Dengan menggabungkan kedua filter ini maka akan terbentuk filter band pass yang meloloskan sinyal dengan frekwensi pita tertentu.

2.5 SENSOR ACCELEROMETER ADXL202



Gambar 2.8. Blok diagram sensor percepatan ADXL202

ADXL202 merupakan sensor percepatan, baik statis seperti gravitasi maupun dinamis seperti vibrasi yang memiliki dua aksis dengan rentang ukur sampai dengan $\pm 2g$. Keluaran ADXL202 dapat berupa signal digital dimana siklus tugas sebanding dengan percepatan dan atau berupa tegangan analog. Keluaran berupa signal digital dapat diambil pada pin 9 untuk percepatan dalam

arah Y dan pin 10 untuk percepatan dalam arah X, sedangkan keluaran tegangan analog dapat diambil pada pin 11 untuk percepatan dalam arah Y dan pin 12 untuk percepatan dalam arah X. Diagram fungsi sensor ADXL202 seperti diperlihatkan pada Gambar 2.8.

ADXL202 mempunyai dua pin catu daya yaitu pin 13 dan pin 14, kedua pin ini harus disatukan dalam pemberian catu daya. Begitu pula untuk ground mempunyai dua pin yaitu pin 4 dan pin 7 yang harus disatukan. Kapasitor C_{DC} , sebesar $0,1 \mu\text{F}$, perlu dipasang antara V_{DD} dan Ground untuk manapis noise catu daya. ADXL202 mempunyai ketentuan untuk membatasi bandwidth melalui pin X_{FILT} dan Y_{FILT} . Kapasitor harus dipasang pada kedua pin ini untuk membuat tapis lolos rendah. Besar nilai filter kapasitor $C_{(X,Y)}$ dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1. Bandwidth dan pemilihan nilai kapasitor

Bandwidth (Hz)	Nilai Kapasitor (μF)
10	0,47
50	0,10
100	0,05
200	0,027
500	0,01
5000	0,001

Perioda *duty cycle modulation* (DCM) untuk kedua keluaran dapat diset dengan sebuah resistor R_{SET} terhadap ground. Persamaan perioda adalah sebagai berikut :

$$2 = \frac{1}{\Omega} \quad (2.15)$$

Sebuah $R = 125 \text{ k}\Omega$ akan menset DCM sekitar 1 kHz atau perioda 1 ms. ADXL202 dirancang untuk beroperasi pada duty cycle dengan perioda antara 0,5 ms sampai dengan 10 ms.

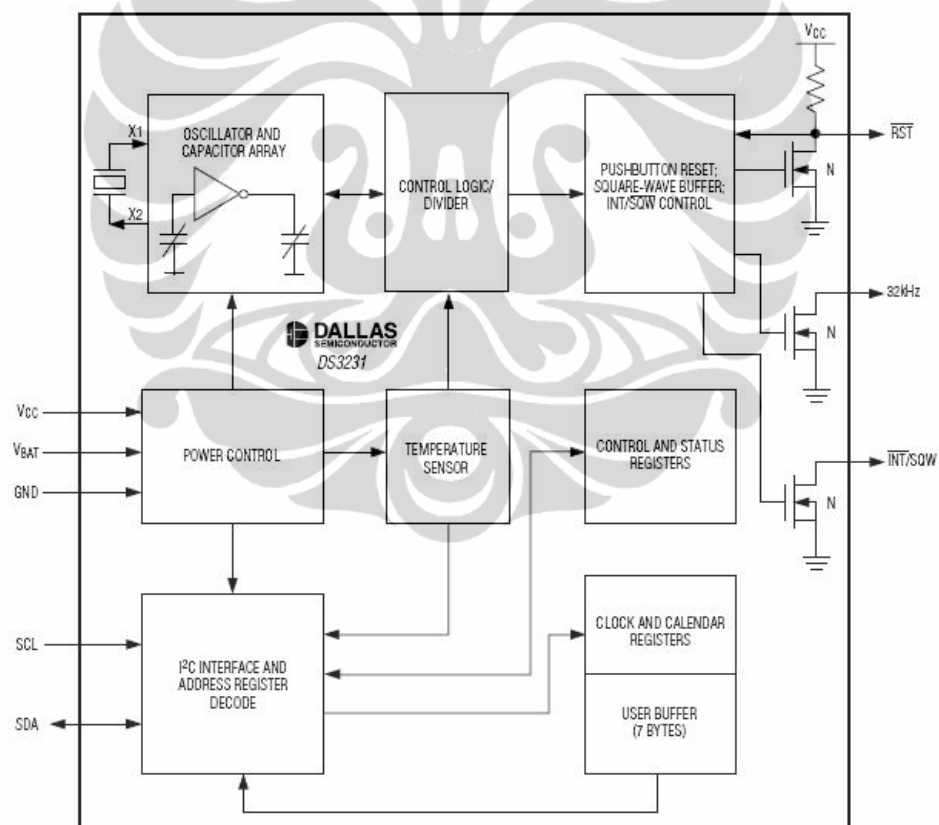
Jika keluaran sensor yang digunakan adalah tegangan analog, maka R_{SET} harus selalu diberi resistor dengan nilai antara $500 \text{ k}\Omega$ dan $2 \text{ M}\Omega$. Kekurangan yang ada adalah keluaran X_{FILT} dan Y_{FILT} mempunyai hambatan keluaran yang kecil yaitu $32 \text{ k}\Omega$, sehingga tidak dapat dibebani secara langsung atau disambung dengan masukan ADC secara langsung. Untuk itu, perlu dipasang op-amp

pengikut tegangan untuk membuffer kedua keluaran ini dan kapasitor harus tetap dipasang pada kedua keluaran ini sebagai filter. Offset sensor dan sensitivitas merupakan rasio terhadap catu daya yang digunakan, seperti diperlihatkan pada Tabel 2.2.

Table 2.2. Ofset dan sensitivitas ADXL202 pada $V_{DD} = 5$ Volt

		$V_{DD} = 5$ Volt
Offset	$0 \text{ g} = V_{DD}/2$	2,5 Volt
Sensitivitas	$(60 \text{ mV} \times \text{Vs})/\text{g}$	300 mVolt/g

2.6 I2C INTEGRATED RTC DS3231



Gambar 2.9. Blok diagram DS3231

DS3231 adalah RTC (*real time clock*) dengan kompensasi suhu kristal osilator yang terintegrasi (TCX0). TCX0 menyediakan sebuah clock referensi

yang stabil dan akurat, dan memelihara akurasi RTC sekitar ± 2 menit per tahun. Keluaran frekwensi tersedia pada pin 32 kHz. DS3231 menyediakan waktu dan kalender dengan dua waktu alarm dalam satu hari dan keluaran gelombang persegi yang dapat diprogram. Waktu/kalender memberikan informasi tentang detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun yang terdapat pada register internal. Register internal ini dapat diakses menggunakan bus antarmuka I2C.

Blok diagram, pada Gambar 2.9, memperlihatkan element-element utama DS3231. Delapan blok dapat dikelompokkan kedalam empat fungsi grup yaitu TCX0, power kontrol, fungsi pushbutton dan RTC.

Table 2.3. Alternatif penggunaan tegangan pada DS3231

KONDISI SUPLAY TEGANGAN	TEGANGAN YANG DIGUNAKAN
$V_{CC} < V_{PF}, V_{CC} < V_{BAT}$	V_{BAT}
$V_{CC} < V_{PF}, V_{CC} > V_{BAT}$	V_{CC}
$V_{CC} > V_{PF}, V_{CC} < V_{BAT}$	V_{CC}
$V_{CC} > V_{PF}, V_{CC} > V_{BAT}$	V_{CC}

Sensor suhu, osilator dan logic kontrol membentuk TCX0. Kontroler membaca keluaran dari on-chip sensor suhu dan menggunakan sebuah look-up table untuk menentukan kapasitans yang dibutuhkan, menambahkan koreksi pada register AGE, dan kemudian menset register kapasitansi. Fungsi power kontrol diperoleh dari kompensasi suhu tegangan referensi dan rangkaian komparator yang memonitor level V_{CC} . Ketika V_{CC} lebih besar dari V_{PF} tetapi lebih besar dari V_{BAT} , maka DS3231 diberi power oleh V_{CC} , seperti terlihat pada Tabel 2.3.

Untuk membuat batere awet, osilator tidak akan mulai sehingga V_{CC} dipasang atau sampai alamat I2C yang valid dituliskan pada DS3231. Sekitar 2 detik setelah V_{CC} dipasang atau alamat I2C ditulis, DS3231 membuat pengukuran suhu dan menggunakan perhitungan koreksi terhadap osilator. Sekali osilator jalan, maka osilator ini akan jalan terus selama terdapat sumber tegangan valid (V_{CC} atau V_{BAT}). DS3231 menyediakan sebuah pushbutton swtch untuk dihubungkan pada pin . Ketika DS3231 tidak dalam siklus reset, DS3231 memonitor signal terus menerus. Jika sebuah transisi terdeteksi, DS3231

debounces switch dengan membuat rendah. Setelah internal timer kadaluarsa (PBDB), DS3231 kembali memonitor pin . Dengan sumber clock dari TCX0, RTC mempunyai informasi detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun. Tanggal pada akhir bulan secara otomatis dirubah untuk bulan yang lebih kecil dari 31 hari termasuk koreksi untuk tahun kabisat. Waktu beroperasi dalam format 24 jam atau 12 jam dengan indikator AM/PM.

Tabel 2.4 memperlihatkan peta alamat DS3231. Informasi waktu dan kalender diperoleh dengan membaca byte register yang isinya dalam format BCD (*binary code decimal*). Waktu dan kalender diset atau diinisialisasi dengan menuliskan datanya dalam format BCD pada register. DS3231 dapat aktif dalam mode 12 jam atau 24 jam dengan memilih bit select. Ketika bit select tinggi, maka mode 12 jam yang dipilih dan bit 5, AM/PM bit akan menjadi tinggi jika PM atau rendah jika AM. Dalam mode 24 jam bit 5 merupakan bit 10-jam yang kedua (20-23 jam). Register hari dalam seminggu bertambah saat tengah malam. Ketika membaca atau menulisi waktu dan tanggal pada register, buffer kedua digunakan untuk menjaga kesalahan ketika internal register diupdate.

Tabel 2.4. Peta alamat register DS3231

ADDRESS	BIT 7 MSB	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0 LSB	FUNCTION	RANGE
00H	0	10 Seconds			Seconds			Seconds	Seconds	00-59
01H	0	10 Minutes			Minutes			Minutes	Minutes	00-59
02H	0	12/24	AM/PM	10 Hour	Hour			Hour	Hours	1-12 + AM/PM 00-23
03H	0	0	0	0	Day			Day	Day	1-7
04H	0	0	10 Date		Date			Date	Date	00-31
05H	Century	0	0	10 Month	Month			Month/ Century	Month/ Century	01-12 + Century
06H	10 Year			Year			Year	Year	Year	00-99
07H	A1M1	10 Seconds			Seconds			Seconds	Alarm 1 Seconds	00-59
08H	A1M2	10 Minutes			Minutes			Minutes	Alarm 1 Minutes	00-59
09H	A1M3	12/24	AM/PM	10 Hour	Hour			Hour	Alarm 1 Hours	1-12 + AM/PM 00-23
0AH	A1M4	DY/DT	10 Date		Day			Day	Alarm 1 Day	1-7
					Date			Date	Alarm 1 Date	1-31
0BH	A2M2	10 Minutes			Minutes			Minutes	Alarm 2 Minutes	00-59
0CH	A2M3	12/24	AM/PM	10 Hour	Hour			Hour	Alarm 2 Hours	1-12 + AM/PM 00-23
0DH	A2M4	DY/DT	10 Date		Day			Day	Alarm 2 Day	1-7
					Date			Date	Alarm 2 Date	1-31
0EH	EOSC	BBSQW	CONV	RS2	RS1	INTCN	A2IE	A1IE	Control	—
0FH	OSF	0	0	0	EN32kHz	BSY	A2F	A1F	Control/Status	—
10H	SIGN	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	Aging Offset	—
11H	SIGN	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	MSB of Temp	—
12H	DATA	DATA	0	0	0	0	0	0	LSB of Temp	—

2.6.1 Register Untuk Tujuan Khusus.

DS3231 mempunyai dua register tambahan yaitu register kontrol dengan alamat 0Eh dan register status dengan alamat 0Fh yang berfungsi untuk mengontrol RTC, alarm dan keluaran gelombang persegi. Register dan status bit masing-masing register seperti diperlihatkan pada Tabel 2.5 dan Tabel 2.6.

Tabel 2.5. Register Kontrol

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
EOSC	BBSQW	CONV	RS2	RS1	INTCN	A2IE	A1IE

- Bit 7 : Enable Oscilator (), jika diset 0 maka osilator mulai bekerja, tetapi jika diset 1 maka osilator berhenti bekerja. Bit ini akan 0 ketika pertama kali digunakan catu daya.
- Bit 6 : Batterie-backed Square-wave Enable (BBSQW), ketika diset 1 dan DS3231 diberi catu daya dari VBAT, bit ini membuat enable keluaran gelombang persegi, tetapi ketika diset 0 maka pin /SQW menjadi mempunyai impedansi yang tinggi. Bit ini didisable (logika 0) ketika pertama kali diberi catu daya.
- Bit 5 : Convert Temperature (CONV), menset bit ini dengan 1 membuat sensor suhu mengkonversi suhu ke data digital dan menjalankan algoritma TCX0 untuk mengupdate array kapasitansi pada osilator.
- Bit 4 dan bit 3 : Rate Select (RS2 dan RS1), bit ini menentukan frekwensi dari gelombang persegi ketika keluaran gelombang persegi dienable.
- Bit 2 : Interrupt Control (INTCN), bit ini mengontrol signal /SQW. Jika INTCN diset 0 maka gelombang persegi dikeluarkan pada pin /SQW, tetapi jika diset 1 maka kesesuaian antara register pewaktuan dan register alarm mengaktifkan /SQW (jika alarm juga dienablekan).
- Bit 1 : Alarm 2 Interrupt Enable (A2IE), jika diset 1 dan INTCN juga diset 1 maka flag alarm 2 (A2F) di status register untuk mengaktifkan pin /SQW sebagai keluaran gelombang persegi. Jika diset 0 dan INTCN juga diset 0, maka A2F tidak berfungsi sebagai signal interupsi. A2IE didisable (logika 0) saat pertama kali catu daya

digunakan.

Bit 0 : Alarm 1 Interrupt Enable (A1IE), jika diset 1 dan INTCN juga diset 1 maka flag alarm 1 (A1F) di status register untuk mengaktifkan pin $\overline{\text{SQW}}$ sebagai keluaran gelombang persegi. Jika diset 0 dan INTCN juga diset 0, maka A1F tidak berfungsi sebagai signal interupsi. A1IE didisable (logika 0) saat pertama kali catu daya digunakan.

Tabel 2.6. Register Status

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
OSF	0	0	0	EN32kHz	BSY	A2F	A1F

Bit 7 : Osilator Stop Flag (OSF), logika 1 pada bit ini menunjukkan osilator berhenti atau diberhentikan untuk perioda waktu tertentu.

Bit 3 : Enable 32 kHz Output (EN32kHz), bit ini menunjukkan status dari pin 32kHz, jika diset ke logika 1 maka pin 32kHz enable dan mengeluarkan signal gelombang persegi dengan frekwensi 32,768kHz. Jika diset ke 0 maka pin 32kHz berstatus impedansi tinggi.

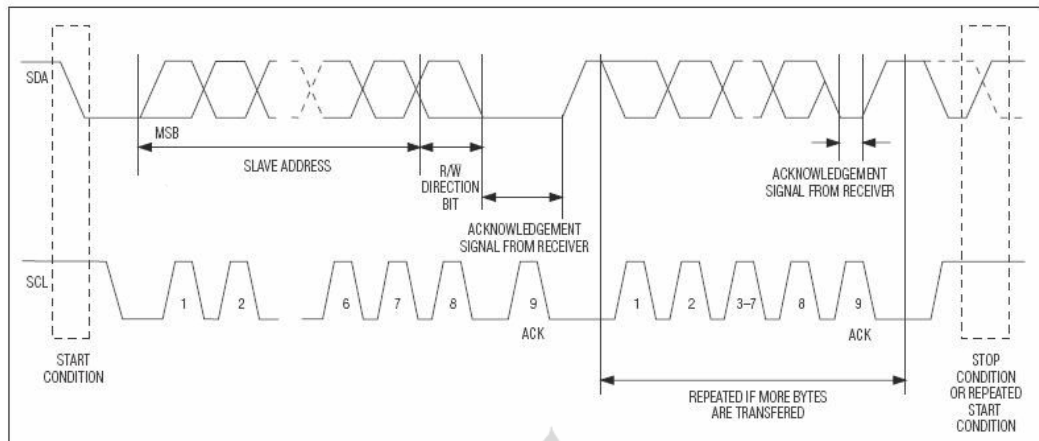
Bit 2 : Busy (BSY), bit ini menunjukka bahwa DS3231 sedang sibuk menjalankan fungsi TCX0.

Bit 1 : Alarm 2 Flag (A2F), logika 1 pada flag alarm 2 (A2F) menunjukkan bahwa waktu sesuai dengan A2F. Jika bit A2IE berlogika 1 dan INTCN berlogika 1 maka pin $\overline{\text{SQW}}$ aktif sebagai keluaran gelombang persegi.

Bit 0 : Alarm 1 Flag (A1F), logika 1 pada flag alarm 1 (A1F) menunjukkan bahwa waktu sesuai dengan A1F. Jika bit A1IE berlogika 1 dan INTCN berlogika 1 maka pin $\overline{\text{SQW}}$ aktif sebagai keluaran gelombang persegi.

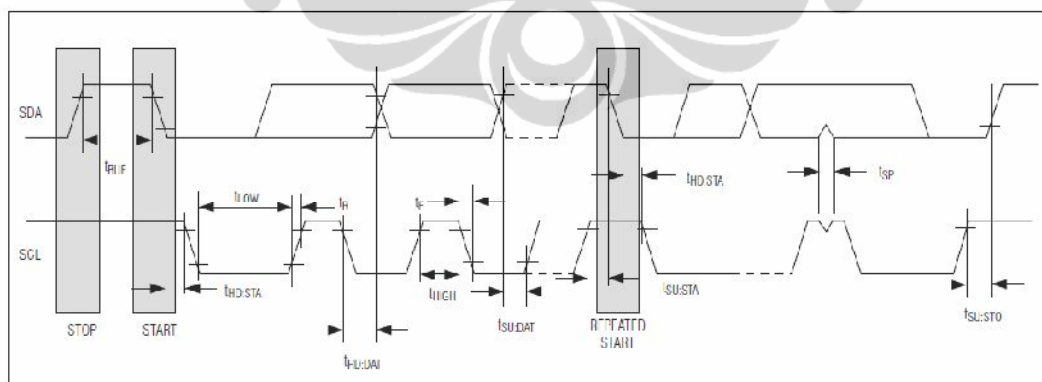
2.6.2 I2C Serial Data Bus

DS3231 mendukung bus bidirectional I2C dan protokol transmisi data. Perangkat yang mengirim data ke bus didefinisikan sebagai transmitter sedangkan perangkat yang menerima data disebut sebagai receiver.



Gambar 2.10. Diagram pewaktuan I2C

Perangkat yang mengontrol informasi disebut sebagai master sedangkan perangkat yang dikontrol oleh master disebut sebagai slave. Bus harus dikendalikan oleh perangkat master yang membangkitkan serial clock (SCL), mengontrol akses bus, membangkitkan kondisi START dan STOP. Pada bus I2C, DS3231 beroperasi sebagai slave. Diagram pewaktuan transfer data pada bus I2C seperti diperlihatkan pada Gambar 2.10. Dalam komunikasi serial I2C setiap satu bit data yang dikirimkan akan selalu disertai satu pulsa clock. Setiap pengiriman satu byte data secara umum memiliki format frame seperti terlihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Format frame pengiriman satu byte data

START Merupakan transisi tinggi ke rendah pada SDA dimana kondisi SCL (1bit) : tinggi menandakan awal dari sebuah frame data yang akan dikirimkan.
Alamat Bit ini menentukan alamat perangkat eksternal yang akan diakses. Bit 7

(7 bit) : merupakan MSB dan bit 0 merupakan LSB. Dengan lebar alamat 7 bit maka dapat digunakan untuk mengamati perangkat eksternal sebanyak 128 buah.

R/W Bit ini digunakan untuk menentukan apakah operasi membaca atau menulis data dari perangkat eksternal. Jika bit ini bernilai 1 berarti operasi baca dan jika 0 berarti operasi tulis.

ACK Bit ini digunakan untuk menentukan respon dari perangkat yang diakses. Bit ini juga menandakan berhasil atau tidaknya transmisi data tiap bytenya. Jika bit ACK bernilai 0 berarti perangkat yang diakses memberikan respon atau transmisi data berhasil, sebaliknya jika bernilai 1 maka transmisi data gagal.

Data 8 bit ini merupakan data yang akan ditulis atau dibaca ke atau dari perangkat eksternal sesuai dengan operasi yang sedang dilakukan.

STOP Transisi rendah ke tinggi pada SDA dimana kondisi SCL tinggi (1 bit) : menandakan akhir dari sebuah frame data yang sudah dikirimkan.

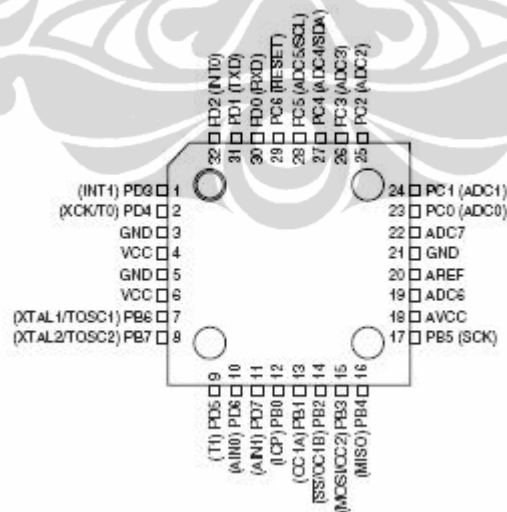
2.7 MIKROKONTROLER ATmega8L

Mikrokontroler AVR merupakan keluarga mikrokontroler RISC keluaran Atmel dengan arsitektur Harvard dimana antara kode program dan data disimpan dalam memori secara terpisah. Mikrokontroler AVR memiliki memori program, SRAM dan EEPROM yang semuanya terintegrasi dalam satu IC. Hampir semua instruksi berukuran 16 bit yang terdiri dari *opcode* dan data atau *operand*. Berikut adalah fitur yang dimiliki oleh ATmega8L :

- 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
- 32 x 8 register serba guna.
- Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan frekwensi *clock* 16 MHz.
- 8K byte program memori yang memiliki fasilitas *In-System Self-Programmable*.
- 512 byte EEPROM.
- 1K byte SRAM internal.

- Memiliki fasilitas untuk melindungi code program.
- Dua buah Timer/Counter 8-bit.
- Satu buah Timer/Counter 16-bit.
- Tiga kanal PWM.
- 8 kanal ADC 10 bit dengan resolusi ± 2 LSB.
- Two-wire Serial Interface (TWI) sesuai dengan standar I2C.
- Serial USART yang dapat deprogram.
- Master/Slave antarmuka serial SPI.
- Analog Comparator On-chip.
- Tegangan operasi 2,7 – 5,5 Volt.
- Kecepatan 0 - 8 MHz.

Keluarga AVR hanya memiliki satu alur waktu eksekusi. Instruksi mesin berikutnya diambil bersamaan dengan instruksi yang sedang dikerjakan. Hampir semua instruksi dilakukan hanya dalam satu atau dua siklus clock. Hal ini membuat AVR relative lebih cepat bila dibandingkan dengan mikrokontroler 8 bit lainnya. Mikrokontroler AVR memiliki kecepatan clock dari 0 – 16 MHz sedangkan untuk yang daya rendah memiliki kecepatan 0 – 8 MHz. Deskripsi perangkat keras ATmega8 seperti terlihat pada Gambar 2.12, berikut :



Gambar 2.12. Deskripsi pin ATmega8L

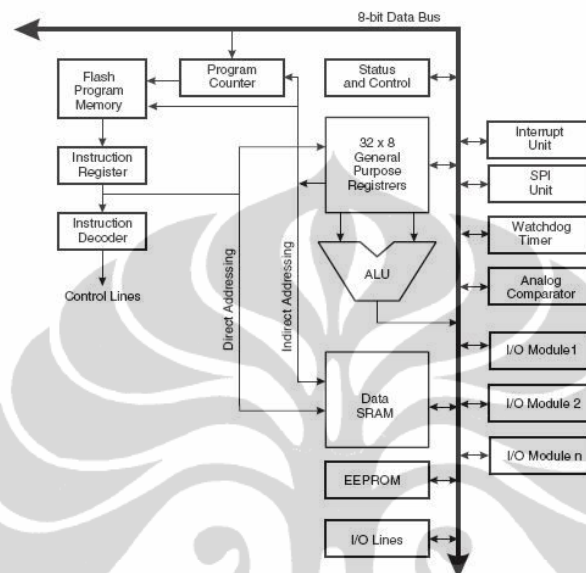
VCC : Tegangan catu daya

GND : Ground

- Port B (PB7..PB0) : Port I/O 8 bit dengan resistor *pull-up* internal. *Buffer* port B mempunyai kapasitas menyerap (*sink*) dan mencatu (*source*). Untuk PB6 dapat digunakan sebagai masukan kristal (*input inverting oscillator amplifier*) dan masukan ke rangkaian clock internal bergantung pada pengaturan fuse bit yang digunakan untuk memilih sumber clock. Untuk PB7 dapat digunakan sebagai keluaran Kristal (*output inverting oscillator amplifier*) bergantung pada pengaturan fuse bit yang digunakan untuk memilih sumber clock. Jika sumber *clock* yang dipilih dari osilator internal, PB6 dan PB7 dapat digunakan sebagai I/O atau saluran masukan *counter*.
- Port C (PC6..PC0) : Port I/O 7 bit dengan resistor *pull-up* internal. *Buffer* port C mempunyai kapasitas menyerap (*sink*) dan mencatu (*source*). Selain itu, port C dapat digunakan sebagai masukan signal analog jika difungsikan sebagai ADC. Untuk PC4 dan PC5 dapat pula digunakan untuk komunikasi serial I2C dimana PC4 sebagai data serial dan PC5 sebagai clock serial.
- RESET/PC6 : Disamping sebagai I/O, PC6 juga dapat digunakan sebagai pin RESET yang bergantung pada fuse bit RSTDISBL deprogram atau tidak deprogram.
- Port D (PD7..PD0) : Port I/O 8 bit dengan resistor *pull-up* internal. *Buffer* port D mempunyai kapasitas menyerap (*sink*) dan mencatu (*source*). Selain PD0 dapat digunakan sebagai pin receive dan PD1 dapat digunakan sebagai pin transmit pada komunikasi serial UART. PD2 dan PD3 dapat digunakan sebagai pin interupsi 0 dan interupsi 1 eksternal.
- AVCC : Merupakan pin tegangan catu untuk ADC internal. Pin ini dihubungkan ke VCC walaupun ADC tidak digunakan melalui tapis lolos rendah.
- AREF : Pin tegangan referensi analog untuk ADC internal.

2.7.1 Arsitektur Mikrokontroler AVR ATmega8

Mikrokontroler ATmega8L memiliki arsitektur Harvard yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan unjuk kerja dan *paralelisme*.



Gambar 2.13. Arsitektur mikrokontroler AVR

Instruksi-instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil (*pre-fetched*) dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus *clock*. Arsitektur mikrokontroler AVR secara umum diperlihatkan pada Gambar 2.13.

2.7.2 Organisasi memori

ATmega8L memiliki kapasitas memori program sebesar 8 kbyte yang terpetakan dari alamat 0000h – 0FFFh dimana masing-masing alamat memiliki lebar data 16 bit. Memori program terbagi menjadi 2 bagian yaitu bagian program boot dan bagian program aplikasi. Jika fitur *boot loader flash* tidak digunakan maka semua kapasitas memori program dapat digunakan untuk program aplikasi.

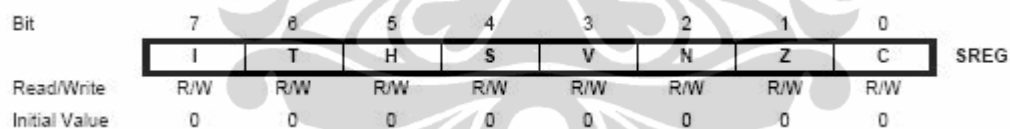
Kapasitas memori data ATmega8L sebesar 1 kbyte yang terbagi menjadi 3 bagian yaitu 96 lokasi alamat register serbaguna (R0 – R31) dan register I/O,

sisanya 1024 lokasi alamat digunakan sebagai data memori internal SRAM. 6 dari register serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah register pointer 16 bit pada mode pengalamatan tak langsung. Ketiga register pointer ini disebut dengan register X (gabungan R26 dan R27), register Y (gabungan R28 dan R29) dan register Z (gabungan R30 dan R31).

ATmega8L memiliki memori EEPROM sebesar 512 byte yang terpisah dari memori program maupun memori data. Memori EEPROM hanya dapat diakses dengan menggunakan register-register I/O yaitu register EEPROM address (EEARH – EEARL), register EEPROM Data (EEDR) dan register EEPROM control (EECR). Untuk mengakses memori EEPROM diperlakukan seperti mengakses data eksternal sehingga waktu eksekusinya relative lebih lama bila dibandingkan dengan mengakses data dari SRAM.

2.7.3 Status register (SREG)

Register SREG, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.14, digunakan untuk menyimpan informasi dari hasil operasi aritmetika yang terakhir. Informasi ini dapat digunakan untuk mengubah alur program yang sedang berjalan.



Gambar 2.14. Register SREG.

Bit 7 – I (*global interrupt enable*), digunakan untuk mengaktifkan interupsi secara umum. Jika bernilai 1 maka interupsi secara umum aktif dan jika 0 maka tidak ada satupun fasilitas interupsi yang aktif. Bit 6 – T (*bit copy storage*), digunakan untuk menentukan bit sumber atau bit tujuan pada instruksi bit copy. Bit 5 – H (*half carry flag*), digunakan untuk menunjukkan ada tidaknya setengah carry pada operasi aritmetika BCD. Setengah carry digunakan pada operasi aritmetika BCD, yaitu membagi 1 byte data menjadi 2 bagian masing-masing 4 bit dan masing-masing bagian dianggap sebagai 1 digit desimal. Bit 4 – S (*sign bit*), merupakan kombinasi dari bit V dan bit N dengan meng-XOR-kan bit V dan bit N. Bit 3 – V

(two's complement overflow flag), digunakan untuk mendukung operasi aritmetika komplemen 2. Jika terjadi luapan pada operasi aritmetika bilangan komplemen 2 maka bit V bernilai 1. Bit 2 – N (*negative flag*), untuk menunjukkan hasil operasi aritmetika atau logika bernilai negative atau tidak. Jika negative bit N bernilai 1. Bit 1 – Z (*Zero flag*), untuk menunjukkan hasil operasi aritmetika atau logika bernilai nol atau tidak. Jika nol bit Z bernilai 1. Bit 0 – C (*carry flag*), untuk menunjukkan hasil operasi aritmetika atau logika terjadi carry atau tidak, jika terjadi maka bit C bernilai 1.

2.7.4 Register Serbaguna

Bit	Register	Addr.	Label
7	R0	0x00	
	R1	0x01	
	R2	0x02	
	...		
	R13	0x0D	
	R14	0x0E	
	R15	0x0F	
	R16	0x10	
	R17	0x11	
	...		
	R26	0x1A	X-register low byte
	R27	0x1B	X-register high byte
	R28	0x1C	Y-register low byte
	R29	0x1D	Y-register high byte
	R30	0x1E	Z-register low byte
	R31	0x1F	Z-register high byte

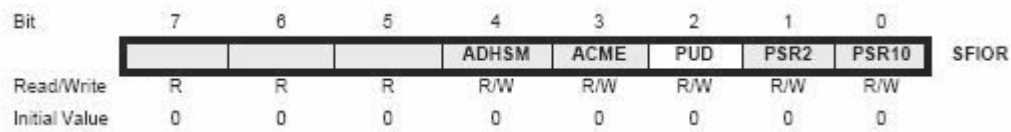
Gambar 2.15. Register serbaguna

ATmega8L memiliki 32 byte register serbaguna yang terletak pada awal alamat RAM, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.15. Enam dari register serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah register pointer 16 bit pada mode pengalamatan tak langsung. Ketiga register pointer ini disebut dengan register X (gabungan R26 dan R27), register Y (gabungan R28 dan R29) dan register Z (gabungan R30 dan R31).

2.7.5 Register Fungsi Khusus I/O (SFIO)

Register ini merupakan register special yang berfungsi untuk mengatur beberapa fitur sekaligus dalam satu register. Isi register ini digunakan untuk menentukan mode dan cara kerja beberapa fitur antara lain *pull-up* resistor port

I/O (bit PUD), *timer/counter* 0, *timer/counter* 1, *timer/counter* 2 (bit PSR10 dan PSR2), analog komparator (bit ACME) dan ADC (bit ADHSM).



Gambar 2.16. Register SFIOR

ADHSM (*ADC High Speed Mode*), jika bit ini diisi dengan 1 maka ADC akan beroperasi mode kecepatan tinggi. ACME (*Analog Comparator Multiplexer Enable*), jika bit ini diisi dengan 1 dan ADC dibuat *off* (ADEN di ADCSRA diisi dengan 0) maka masukan negatif untuk komparator dipilih dari multiplexer ADC, jika diisi dengan 0 maka masukan negatif untuk komparator dipilih dari AIN1. PUD (*pull-up disable*), Jika PUD diset 1 maka konfigurasi *pull-up* port I/O tidak aktif. PSR2 (*Prescaler Reset Timer/Counter2*) jika bit ini diisi dengan 1 maka akan mereset skala *clock timer/counter2* menjadi 0. PSR10 (*Prescaler Reset Timer/Counter1 and Timer/Counter0*), jika bit ini diisi dengan 1 maka akan mereset skala *clock timer/counter1* dan *timer/counter0* menjadi 0.

2.7.6 Port I/O

Table 2.7. Konfigurasi pin untuk definisi port

DDxn	PORTxn	PUD (in SFIOR)	I/O	Pull-up
0	0	X	Input	No
0	1	0	Input	Yes
0	1	1	Input	No
1	0	X	Output	No
1	1	X	Output	No

Semua port keluarga AVR bersifat *bidirectional* pada saat berfungsi sebagai port I/O digital, bahkan setiap pin dapat dikonfigurasi baik sebagai input maupun output secara individu tanpa mempengaruhi pin yang lainnya. Pengaturan port I/O akan diikuti dengan pengaturan resistor *pull-up* internal melalui bit PUD pada register SFIOR. Jika PUD diset 1 maka konfigurasi *pull-up*

port I/O tidak aktif. Tiga alamat memori I/O dialokasikan untuk mengatur konfigurasi setiap port I/O yaitu data register (PORTx), data direction register (DDRx) dan port input pin (PINx). DDRx digunakan untuk mendefinisikan port sebagai input atau output, PORTx digunakan untuk menyimpan data yang akan dikeluarkan ke port I/O saat dikonfigurasi sebagai output, dan PINx digunakan untuk menyimpan data yang terbaca dari port saat dikonfigurasi sebagai input. Konfigurasi pin untuk port seperti terlihat pada Tabel 2.7, berikut :

2.7.7 Stack Pointer

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	SP15	SP14	SP13	SP12	SP11	SP10	SP9	SP8	SPH
	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	SPL
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.17. Register stack pointer

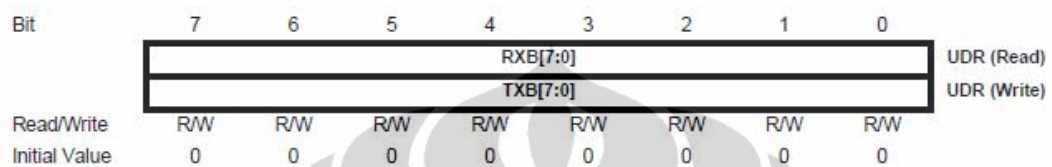
Stack pointer digunakan untuk menyimpan data sementara atau alamat program yang sedang dijalankan saat terjadi instruksi percabangan atau interupsi. Stack pointer menempati alamat memori RAM paling atas dan akan turun semakin kebawah seiring bertambahnya data atau alamat yang disimpan. Register stack pointer seperti diperlihatkan pada Gambar 2.17.

2.7.8 Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART)

USART merupakan salah satu mode komunikasi serial yang dimiliki ATmega8. USART dapat difungsikan sebagai transmisi data secara sinkron dan asinkron sehingga pasti kompatibel dengan UART. Pada ATmega8, secara umum pengaturan mode komunikasi baik sinkron maupun asinkron adalah sama, perbedaannya hanya pada sumber clock saja. Jika pada mode asinkron masing-masing peripheral mempunyai sumber clock sendiri sedangkan pada mode sinkron hanya ada satu sumber clock yang digunakan secara bersama-sama. Dengan demikian secara perangkat keras untuk mode asinkron hanya membutuhkan 2 pin

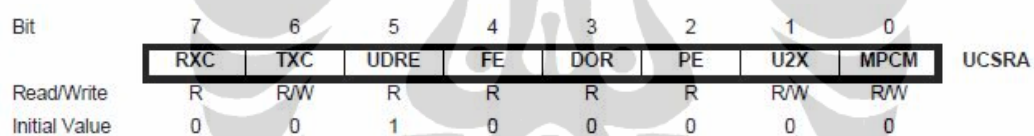
yaitu TXD dan RXD, sedangkan pada mode sinkron membutuhkan 3 pin yaitu TXD, RXD dan XCK.

Untuk pengaturan mode dan prosedur komunikasi USART dilakukan melalui register UDR, UCSRA, UCSRB, UCSRC, UBRRH dan UBRRL. Register UDR, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.18, digunakan sebagai buffer untuk menyimpan data baik yang akan dikirim maupun diterima dalam komunikasi USART.



Gambar 2.18. Register UDR

USART control and status register A (UCSRA), seperti diperlihatkan pada Gambar 2.19, berfungsi untuk mengetahui proses penerimaan dan pengiriman data serta status register, fungsi untuk masing-masing pin adalah sebagai berikut :



Gambar 2.19. Register UCSRA

- RXC** 1: Menunjukkan ada data baru di register RXB dan belum terbaca
0: Data di register RXB sudah dibaca atau kosong
- TXC** 1: Menunjukkan data sudah dikirimkan melalui pin TXD
- UDRE** 1: Menunjukkan bahwa isi register UDR kosong
0: Masih ada data di register UDR
- FE** 1: Jika terjadi frame error pada penerimaan data yang berkaitan dengan start bit, panjang data, stop bit dan sinkronisasi.
- DOR** 1: Jika terjadi data *overrun* yaitu buffer terima data RXB penuh menunggu untuk dibaca sedangkan data yang lain sudah datang lagi.
- PE** 1: Menunjukkan terjadinya kesalahan paritas. Bit paritas merupakan salah satu bit yang ada dalam satu frame data yang diterima, ini digunakan untuk menunjukkan berapa banyak bit yang bernilai 1

dalam satu frame data. Jika terjadi ketidaksesuaian antara data dan bit paritas maka akan menyebabkan kesalahan paritas.

- U2X 1: Menyebabkan kecepatan transfer data menjadi 2X baudrate yang telah diatur sebelumnya.
- 0: Kecepatan transfer data normal sesuai pengaturan baudrate.
- MPCM 1: Digunakan pada mode komunikasi multiprosesor. Pengaturan bit ini hanya berpengaruh pada penerimaan data saja. Format frame data yang diterima harus memiliki informasi alamat sebagai identitas pengirimnya, jika tidak maka data akan diabaikan.

USART control and status register B (UCSRB), seperti diperlihatkan pada Gambar 2.20, fungsi untuk masing-masing pin adalah sebagai berikut :

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	UCSRB
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.20. Register UCSRB

RXCIE (*RX complete interrupt enable*) digunakan untuk mengaktifkan atau menon-aktifkan interupsi penerimaan data. Jika RXCIE bernilai 1 berarti interupsi aktif.

TXCIE (*TX complete interrupt enable*) digunakan untuk mengaktifkan atau menon-aktifkan interupsi pengiriman data. Jika TXCIE bernilai 1 berarti interupsi aktif.

UDRIE (*USART data register empty interrupt enable*) digunakan untuk mengaktifkan atau menon-aktifkan interupsi UDR *empty Interrupt*. Jika UDRIE bernilai 1 berarti interupsi aktif.

RXEN (*receiver enable*) digunakan untuk mengaktifkan atau menon-aktifkan USART receiver. Jika RXEN bernilai 1 berarti USART receiver aktif dan data serial yang diterima pin RXD akan diijinkan masuk ke shift register dan buffer terima RXB.

TXEN (*transmite enable*) digunakan untuk mengaktifkan atau menon-aktifkan USART transmitter. Jika TXEN bernilai 1 berarti USART transmitter aktif dan

data serial yang dituliskan ke buffer transmite TXB akan dimasukkan ke shift register yang kemudian dikeluarkan secara serial ke pin TXD.

UCSZ2 (*character size*) bersama dengan UCSZ1 dan UCSZ0 digunakan untuk menentukan ukuran data dalam satu frame seperti terlihat pada Tabel 2.8 berikut :

Tabel 2.8. Pengaturan ukuran data tiap frame

UCSZ2	UCSZ1	UCSZ0	Character Size
0	0	0	5-bit
0	0	1	6-bit
0	1	0	7-bit
0	1	1	8-bit
1	0	0	Reserved
1	0	1	Reserved
1	1	0	Reserved
1	1	1	9-bit

RXB8 (*receive data bit 8*) adalah bit ke 9 dari data yang diterima jika menggunakan ukuran 9 bit.

TXB8 (*transmit data bit 8*) adalah bit ke 9 dari data yang dikirim jika menggunakan ukuran 9 bit.

USART control and status register C (UCSRC), seperti diperlihatkan pada Gambar 2.21, fungsi untuk masing-masing pin adalah sebagai berikut :

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	UCSRC
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	1	0	0	0	0	1	1	0	

Gambar 2.21. Register UCSRC

URSEL (*register select*) digunakan untuk menentukan penggunaan register UCSRC atau UBRRH karena kedua register ini menempati tempat yang sama. Jika bernilai 1 maka UCSRC tetapi jika 0 maka UBRRH yang diakses.

UMSEL (*USART Mode*) digunakan untuk menentukan mode komunikasi USART. Jika bernilai 0 berarti komunikasi asinkron sedangkan jika bernilai 1 berarti komunikasi sinkron.

UMP1:0 (*parity mode*) digunakan untuk menentukan mode paritas. Jika bernilai 00 maka tidak menggunakan paritas, jika bernilai 10 menggunakan paritas genap dan jika 11 menggunakan paritas ganjil.

USBS (*stop bit select*) digunakan untuk menentukan jumlah stop bit dalam setiap frame data. Jika bernilai 0 maka panjang stop bit 1 bit sedangkan jika bernilai 1 maka panjang stop bit 2 bit.

UCSZ1:0 (*character size*) digunakan untuk menentukan ukuran data dalam satu frame, seperti diperlihatkan pada tabel 2.8.

UCPOL (*clock parity*) digunakan untuk mengatur mode transisi clock pada pengambilan data yang diterima dan perubahan data yang dikirimkan. Pengaturan bit UCPOL hanya berlaku untuk mode komunikasi sinkron saja.

Tabel 2.9. Pengaturan baud rate dan nilai UBRR

Baud Rate (bps)	$f_{osc} = 3.6864 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 4.0000 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 7.3728 \text{ MHz}$			
	U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1	
	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error
2400	95	0.0%	191	0.0%	103	0.2%	207	0.2%	191	0.0%	383	0.0%
4800	47	0.0%	95	0.0%	51	0.2%	103	0.2%	95	0.0%	191	0.0%
9600	23	0.0%	47	0.0%	25	0.2%	51	0.2%	47	0.0%	95	0.0%
14.4k	15	0.0%	31	0.0%	16	2.1%	34	-0.8%	31	0.0%	63	0.0%
19.2k	11	0.0%	23	0.0%	12	0.2%	25	0.2%	23	0.0%	47	0.0%
28.8k	7	0.0%	15	0.0%	8	-3.5%	16	2.1%	15	0.0%	31	0.0%
38.4k	5	0.0%	11	0.0%	6	-7.0%	12	0.2%	11	0.0%	23	0.0%
57.6k	3	0.0%	7	0.0%	3	8.5%	8	-3.5%	7	0.0%	15	0.0%
76.8k	2	0.0%	5	0.0%	2	8.5%	6	-7.0%	5	0.0%	11	0.0%
115.2k	1	0.0%	3	0.0%	1	8.5%	3	8.5%	3	0.0%	7	0.0%
230.4k	0	0.0%	1	0.0%	0	8.5%	1	8.5%	1	0.0%	3	0.0%
250k	0	-7.8%	1	-7.8%	0	0.0%	1	0.0%	1	-7.8%	3	-7.8%
0.5M	-	-	0	-7.8%	-	-	0	0.0%	0	-7.8%	1	-7.8%
1M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-7.8%
Max ⁽¹⁾	230.4 kbps		460.8 kbps		250 kbps		0.5 Mbps		460.8 kbps		921.6 kbps	

USART baud rate register (UBRRL-UBRRH) atau sering juga disebut sebagai UBRR, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.22, merupakan register yang digunakan untuk mengatur baud rate transmisi data pada komunikasi USART. UBRR merupakan register 16 bit tetapi untuk byte atasnya UBRRH digunakan bersama dengan register UCSRC, sehingga untuk mengaksesnya diperlukan pemilihan register dengan menggunakan bit URSEL. Bit URSEL (*register select*) digunakan untuk menentukan penggunaan register UCSRC atau UBRRH karena

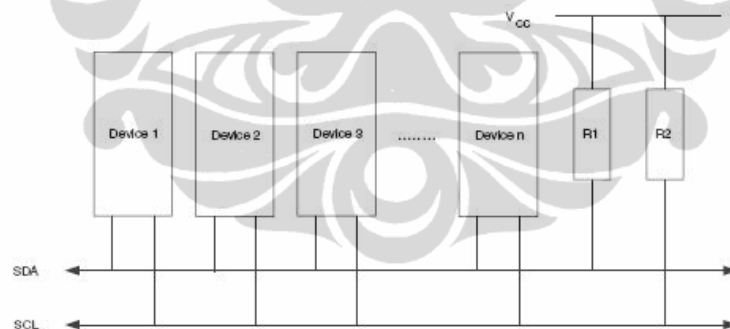
kedua register ini menempati tempat yang sama. Jika bernilai 1 maka UCSRC tetapi jika 0 maka UBRRH yang diakses. Bit UBRR11:0 merupakan register dengan lebar data 12 bit yang digunakan untuk menentukan baud rate komunikasi USART. Tabel 2.9 memberikan contoh perhitungan dalam pengaturan baud rate dan nilai UBRR.

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8				
	URSEL							UBRR[11:8]		UBRRH		
	UBRR[7:0]											UBRRL
	7	6	5	4	3	2	1	0				
Read/Write	R/W	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W				
	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W				
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0				
	0	0	0	0	0	0	0	0				

Gambar 2.22. Register UCSRC

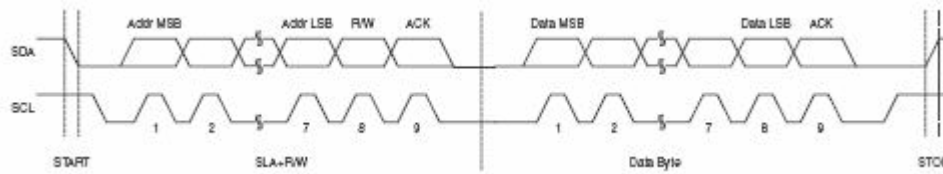
2.7.9 Two-Wire Interface (TWI)

ATmega8L memiliki fitur komunikasi serial alternatif yaitu *two wire interface* (TWI). Komunikasi ini merupakan komunikasi serial sinkron karena memiliki satu sumber *clock* untuk digunakan bersama.



Gambar 2.23. Interkoneksi TWI

TWI pada ATmega8L compatible dengan I2C keluaran phyllips yang hanya menggunakan 2 jalur transmisi yaitu SDA untuk data serial dan SCL untuk *clock* nya. Dengan menggunakan TWI ini mikrokontroler bisa berkomunikasi dengan 128 buah peripheral seperti diperlihatkan pada Gambar 2.21. Dalam komunikasi serial TWI setiap satu bit data yang dikirimkan akan selalu disertai satu pulsa clock, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.24, berikut :



Gambar 2.24. Mekanisme komunikasi TWI

Pengaturan mode dan prosedur komunikasi TWI dilakukan melalui register TWBR, TWCR, TWSR, TWDR dan TWAR.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	TWBR7	TWBR6	TWBR5	TWBR4	TWBR3	TWBR2	TWBR1	TWBR0	TWBR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.25. Register TWBR

Register TWBR (TWI bit rate register), seperti diperlihatkan pada Gambar 2.25, digunakan untuk menentukan bit rate pada komunikasi TWI. Besar frekwensi clock SCL diset melalui register ini. Frekwensi yang dihasilkan sesuai dengan rumus :

$$f_{SCL} = \frac{f_{CPU}}{(TWBR + 1) \cdot TWPS} \tag{2.16}$$

Dimana TWBR adalah nilai dari register TWBR dan TWPS adalah nilai dari bit-bit skala di register TWSR.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	-	TWIE	TWCR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.26. Register TWCR

TWCR (TWI control register), seperti diperlihatkan pada Gambar 2.26, digunakan sebagai register kontrol komunikasi TWI. Bit 7 – TWINT (TWI interrupt flag), bit ini akan bernilai 1 jika TWI sudah mengirim satu frame data. Bit 6 – TWEA (TWI enable acknowledge), digunakan untuk mengatur pembangkitan pulsa acknowledge pada mode slave. Jika diset 1 maka pulsa ACK akan dibangkitkan pada posisi bit seperti pada format data frame. Bit 5 – TWSTA (TWI start condition), digunakan untuk mengirim bit start pada mode master. Jika bernilai 1 maka akan dikirim bit start. Bit 4 – TWSTO (TWI stop condition),

digunakan untuk mengirim bit stop pada mode master. Jika bernilai 1 maka akan dikirim bit stop. Bit 3 – TWWC (TWI write collision flag), jika register TWDR sedang dalam proses ditulis maka bit ini bernilai 1. Bit 2 – TWEN (TWI enable), digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan komunikasi TWI. Bit 0 – TWIE (TWI interrupt enable), digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan interupsi TWI.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	TWD7	TWD6	TWD5	TWD4	TWD3	TWD2	TWD1	TWD0	TWDR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	1	1	1	1	1	1	1	1	

Gambar 2.27. Register TWDR

TWDR (TWI data register), seperti diperlihatkan pada Gambar 2.27, merupakan register 8 bit yang digunakan untuk menyimpan data yang akan dikirimkan atau menyimpan data terakhir yang diterima.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	–	TWPS1	TWPS0	TWSR
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	1	1	1	1	1	0	0	0	

Gambar 2.28. Register TWSR

TWSR (TWI status register), seperti diperlihatkan pada Gambar 2.28, digunakan sebagai indikator status komunikasi TWI. Bit-bit TWS menunjukkan status dari TWI yang digunakan untuk mengecek sinyal start, stop dan acknowledge. Bit TWPS digunakan untuk menentukan skala dan akan mempengaruhi kecepatan bit rate.

Tabel 2.10. Skala clock TWI

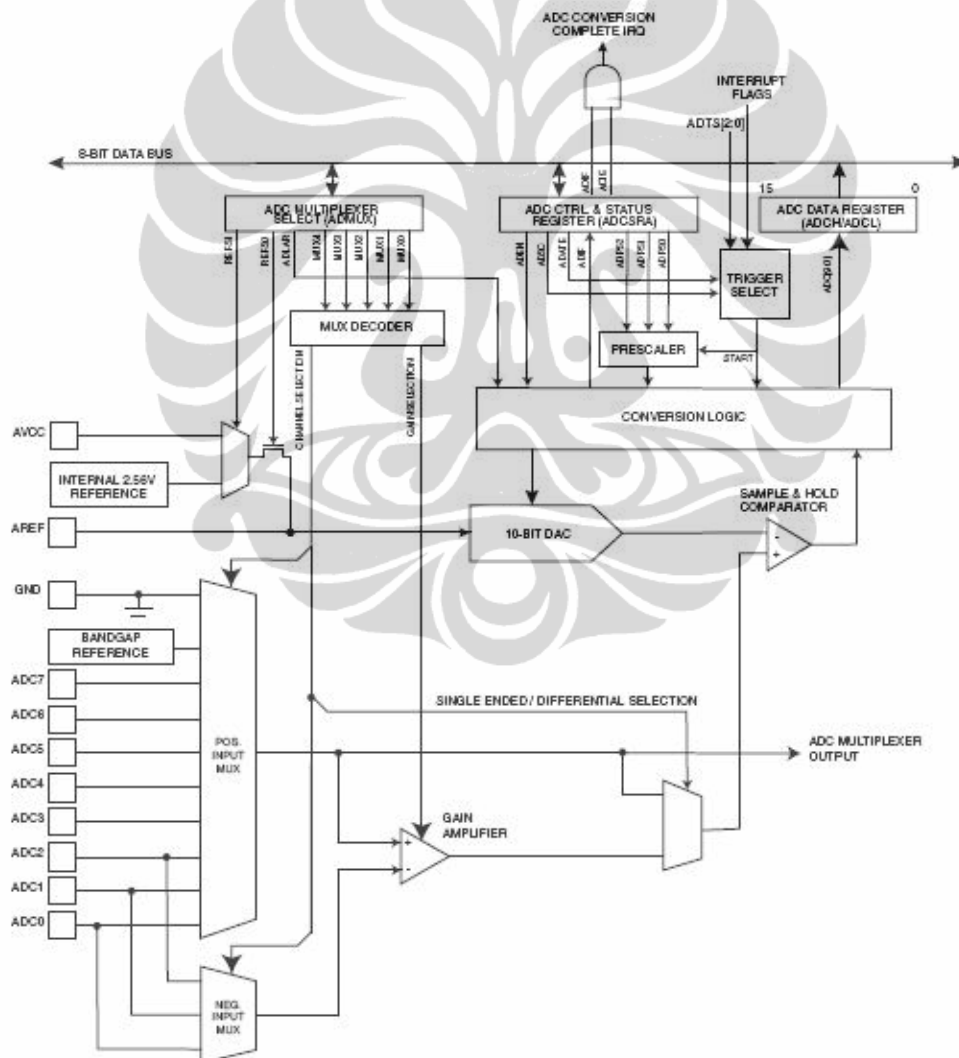
TWPS1	TWPS0	Skala Clock TWI
0	0	1
0	1	4
1	0	16
1	1	64

Register TWAR (TWI address register), seperti diperlihatkan pada Gambar 2.29, hanya digunakan pada mode slave. Register ini digunakan untuk menyimpan 7 bit alamat sebagai alamat slave dan 1 bit untuk mengaktifkan respon sebagai slave.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	TWAR								
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	1	1	1	1	1	1	1	0	

Gambar 2.29. Register TWAR

2.7.10 Analog to Digital Converter (ADC)



Gambar 2.30. Rangkaian Internal ADC

Spesifikasi ADC yang dimiliki ATmega8 adalah sebagai berikut :

- Resolusi 10 bit
- ± 2 LSB akurasi
- 65 -260 μ detik waktu konversi
- Sampai 15 KSPS pada resolusi maksimum
- 8 multiplex single ended input channel
- 7 diferensial input channel
- 2 diferensial input channel dengan pilihan penguatan 10x dan 200x
- 0 – VCC input range
- Dapat dipilih tegangan referensi 2,56 V
- Free running atau mode converse tunggal
- Auto triggering start konversi
- Interupsi pada ADC conversion complete
- Mode sleep noise canceler

ATmega8 mempunyai 10 bit ADC yang bekerja dengan teknik SAR (*successive approximation*) yang sudah *built-in* dalam chip. ADC dikoneksikan ke 8 kanal multiplexer input analog dan mendukung 16 macam penguat *diferensial*. Rangkaian internal ADC mempunyai catu daya sendiri yaitu pin AVCC, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.30. Tegangan pada pin AVCC harus sama dengan VCC $\pm 0,3$ Volt. Data hasil konversi ADC untuk konversi tunggal (*single ended*) dirumuskan sebagai berikut :

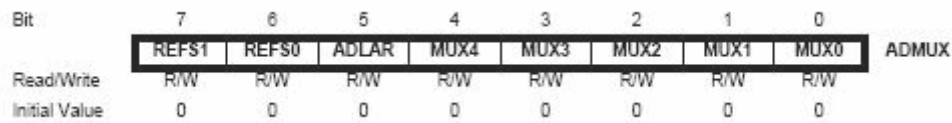
$$= \frac{V_{IN}}{2} \quad (2.17)$$

Dimana V_{IN} adalah tegangan masukan pada pin yang dipilih dan V_{REF} adalah tegangan referensi yang dipilih. Untuk masukan diferensial maka perumusan data hasil konversi ADC adalah sebagai berikut :

$$= \frac{(V_{POS} - V_{NEG})}{GAIN} \quad (2.18)$$

Dimana V_{POS} adalah tegangan masukan pada pin positif, V_{NEG} adalah tegangan masukan pada pin negative, GAIN adalah factor penguatan dan V_{REF} adalah tegangan referensi yang dipilih. Untuk mengatur mode dan cara kerja ADC dilakukan melalui register ADMUX, ADCSRA, ADCL, ADCH dan SFIOR.

ADC Multiplexer Selection Register (ADMUX)



Gambar 2.31. Register ADMUX

REFS1 dan REFS0 (*reference selection bit*), digunakan untuk menentukan tegangan referensi dari ADC, seperti diperlihatkan pada Tabel 2.11. Bit ini tidak dapat dirubah saat konversi berlangsung.

Table 2.11. Pengaturan tegangan ADC

REFS1	REFS0	Tegangan Referensi
0	0	Pin AREF
0	1	Pin AVCC dengan pin AREF diberi kapasitor
1	0	Tidak digunakan
1	1	Internal 2,56 Volt dengan pin AREF diberi kapasitor

ADLAR (*left adjust result*), digunakan untuk mengatur format penyimpanan data ADC pada register ADCH dan ADCL. MUX (*analog channel and gain selection bit*), digunakan untuk menentukan pin masukan analog ADC pada mode konversi tunggal atau untuk menentukan pin-pin masukan analog dan nilai penguatannya pada mode diferensial.

ADC Data Register (ADCH-ADCL)

Register ADCL dan ADCH digunakan untuk menyimpan data 10 bit hasil konversi ADC. Data tersebut disimpan dalam 2 format tergantung pada nilai bit ADLAR.

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	-	-	-	-	-	-	ADC9	ADC8	ADCH
	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADC1	ADC0	ADCL
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

(a)

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	ADC9	ADC8	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADCH
	ADC1	ADC0	-	-	-	-	-	-	ADCL
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

(b)

Gambar 2.33. Register data (a) format data jika ADLAR = 0 dan (b) format data jika ADLAR = 1

ADC Control Dan Status Register (ADCSRA)

ADEN (*ADC enable*), digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan ADC. ADATE (*ADC auto trigger enable*), digunakan untuk mengaktifkan pemacu proses konversi ADC. Jika bernilai 1 maka pemacu diaktifkan. ADIF (*ADC interrupt flag*) digunakan untuk melihat ada tidaknya permintaan interupsi ADC, jika bernilai 1 maka proses konversi ADC sudah selesai. ADIE (*ADC interrupt enable*), digunakan untuk mengaktifkan interupsi ADC. ADPS (*ADC prescaler select bit*), digunakan untuk menentukan factor pembagi frekwensi Kristal yang hasilnya digunakan untuk frekwensi clock ADC.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	ADCSRA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.32. Register ADCSRA

ADC Auto Trigger Source (ADTS2:0) – SFIOR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADTS2	ADTS1	ADTS0	-	ACME	PUD	PSR2	PSR10	SFIOR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.34. Register SFIOR – ADTS

Digunakan untuk mengatur pemicu proses konversi ADC seperti terlihat pada Tabel 2.12 berikut :

Tabel 2.12. Pemicu ADC

ADTS2	ADTS1	ADTS0	Sumber Pemicu konversi ADC
0	0	0	ADSC pada register ADCSRA diset 1
0	0	1	Pengaturan output analog komparator
0	1	0	Terjadi interupsi eksternal 0
0	1	1	Timer/counter 0 compare match
1	0	0	Timer/counter 0 overflow
1	0	1	Timer/counter 1 compare match
1	1	0	Timer/counter 1 overflow
1	1	1	Timer/counter 1 capture event

2.8 RADIO MODEM YS1020L RF DATA TRANSCEIVER

YS1020 merupakan modul radio frekwensi yang dirancang untuk digunakan sebagai pentransmisi data nirkabel jarak dekat. Modul ini bekerja pada pita frekwensi ISM, half duplex pengiriman dan penerimaan data, komunikasi serial RS232, RS485 dan level TTL yang dapat diset sesuai kebutuhan.

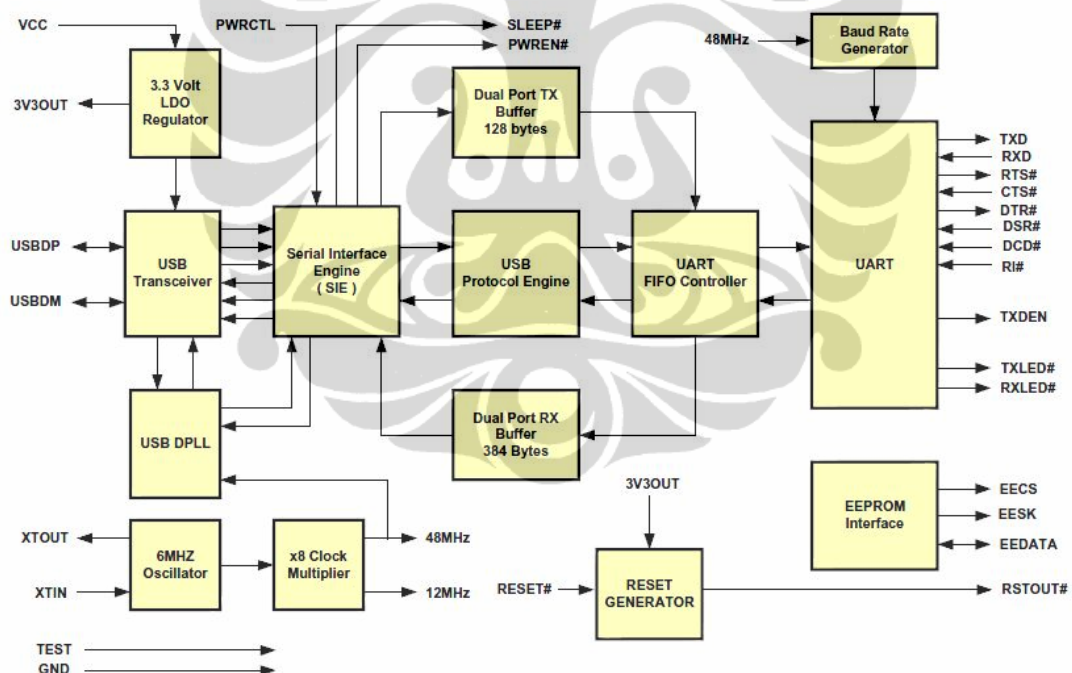
Fitur yang dimiliki YS1020 antara lain :

1. Frekwensi gelombang pembawa 433/450/670/868 MHz yang dapat dipilih
2. Tersedia antarmuka serial RS232, RS485 dan TTL diset pabrikan sesuai dengan pesanan.
3. Baud rate 1200/2400/4800/9600/19200/38400 bps diset set pabrikan.
4. Modulasi GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*)
5. Anti interference yang tinggi dan bit error rate yang rendah.
6. Konsumsi daya yang rendah dan mempunyai fungsi *sleep*.
7. Suhu 35 °C – 75 °C dan relative humidity 10% - 90%
8. Impedansi 50 Ω

Spesifikasi:

1. Daya RF $\leq 500\text{mW}$
2. Arus penerimaan $< 25\text{mA}$, arus pengiriman $< 400\text{mA}$
3. Arus sleep $< 20\text{uA}$
4. Catu daya DC 5V
5. Sensitivitas penerima 118 dBm (@9600bps, 123 dBm (@1200bps)
6. Dimensi 53x38x10 mm (tanpa port antenna).
7. Jarak $\leq 2\text{ Km}$ (BER= 10^3 @9600 bps, jika antenna 2 m diatas tanah pada daerah terbuka), $\leq 3\text{Km}$ (BER= 10^3 @1200 bps, jika antenna 2 m diatas tanah pada daerah terbuka).

2.8 PENGUBAH KOMUNIKASI SERIAL USB KE RS232



Gambar 2.35. Blok Diagram IC FT232

Pada PC atau Laptop-laptop keluaran terbaru, keberadaan port serial RS232 telah digantikan oleh port USB yang memang mempunyai banyak kelebihan dibandingkan port serial RS232. Tetapi bagi beberapa kalangan, keberadaan port serial RS232 sangatlah penting, terutama jika berkaitan dengan hal komunikasi data serial. Port serial RS232 mempunyai kelebihan dalam hal kemudahan cara

penggunaannya, terutama untuk rancang bangun suatu perangkat keras yang terhubung ke PC.

Port USB bisa digunakan sebagai port komunikasi layaknya port serial RS232. Sehingga data dapat dikirim dari dan ke PC seolah-olah menggunakan port serial RS232, walaupun sesungguhnya melalui port USB. Cara merubah port USB menjadi berkomunikasi layaknya port RS232 adalah dengan menggunakan IC FT232. Secara garis besar FT232 berfungsi untuk merubah data USB menjadi data serial dengan level tegangan TTL. Seluruh proses *handshaking* , enumerasi dan lain-lain yang diperlukan telah ditangani oleh FT232. Tegangan catu telah tersedia regulator 3.3 Volt internal sehingga dapat menggunakan tegangan catu langsung dari port USB (*bus powered*) ataupun tegangan catu dari luar (*self powered*) sebesar 5 Volt. Kecepatan transfer data serial yang dapat ditangani oleh IC ini adalah sebesar 300 bps sampai dengan 9600 bps. Rangkaian converter USB ke RS232 menggunakan FT232 seperti diperlihatkan pada Gambar 2.35. Pada penelitian ini, tegangan catu pada rangkaian FT232 dirubah dari *bus powered* menjadi *self powered*.

BAB III

METODA PENELITIAN

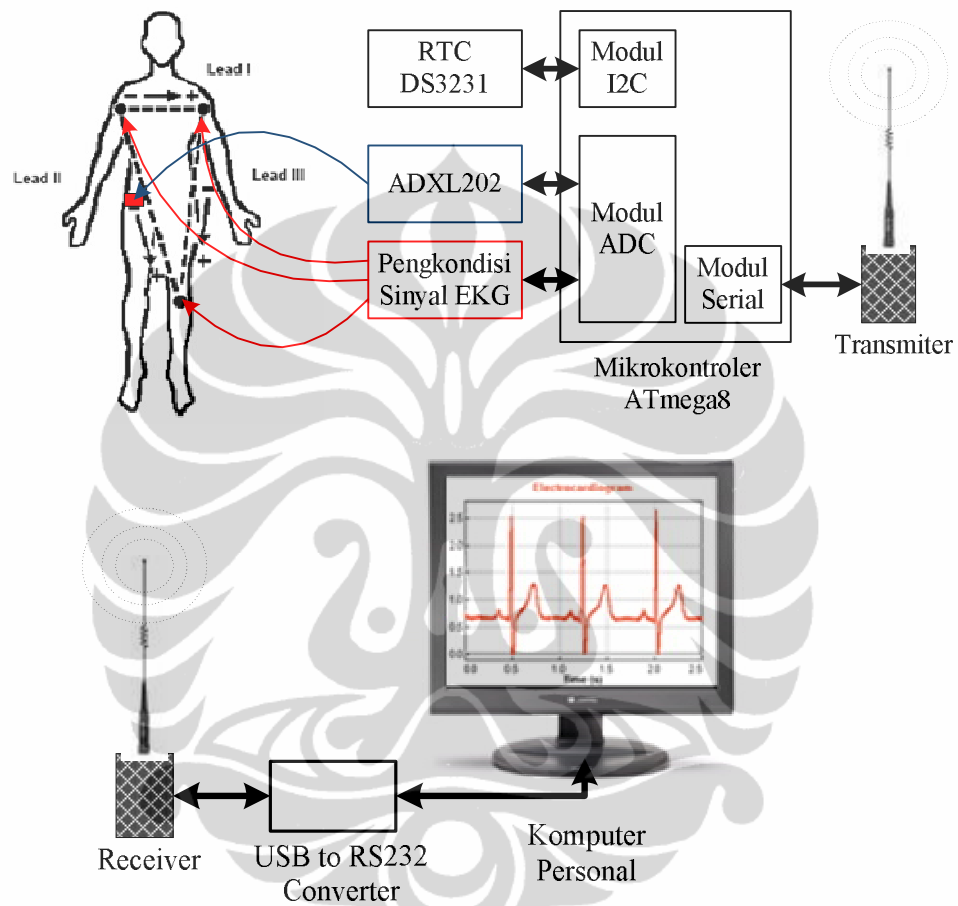
Rancang bangun sistem EKG dan aktivitas gerak ini diawali dengan mempersiapkan dan mempelajari literatur komponen, program BASCOM AVR dan program DELPHI 7 yang akan digunakan. Selanjutnya dilakukan perancangan dan pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak atau program. Program terdiri dari dua bagian yaitu program yang akan ditanam pada chip mikrokontroler ATmega8 yang dibangun menggunakan bahasa BASCOM AVR dan program antarmuka untuk akuisisi data yang dibangun menggunakan bahasa Borland Delphi 7.

3.1 PERANCANGAN PERANGKAT KERAS

Perangkat keras dan perangkat lunak yang direncanakan untuk dibuat pada penelitian ini terdiri dari tiga modul yaitu modul pengkondisi sinyal, modul mikro-transmitter dan modul USB-receiver. Modul pengkondisi sinyal terdiri dari penguat instrumentasi, penyangga tegangan dan tapis lolos pita. Modul mikro-transmitter terdiri dari mikrokontroler ATmega8L, ADXL202 sebagai sensor percepatan gerak, RTC DS3231 sebagai pewaktuan dan *RF data transceiver* sebagai *transmitter*. Modul USB-receiver terdiri dari *RF data transceiver* sebagai *receiver* dan pengubah komunikasi serial RS232 ke USB. Blok diagram sistem instrumentasi EKG dan aktivitas gerak secara *wireless* diperlihatkan seperti pada Gambar 3.1.

Sinyal EKG melalui pengkondisi sinyal dan sensor gerak akan dibaca oleh mikrokontroler melalui ADC internal, sedangkan pewaktuan RTC DS3231 dibaca oleh mikrokontroler melalui port TWI/I2C (Albert D. Helfrick & William D. Cooper, 1992). Keempat data ini yaitu sinyal EKG, percepatan gerak arah vertikal, tanggal dan jam akan dikirim oleh mikrokontroler melalui port serial UART dalam bentuk paket data yang kemudian ditransmisikan oleh transmitter RF data transceiver ke komputer. Data ini kemudian diterima oleh Receiver RF data transceiver dan dibaca oleh perangkat pengubah RS232 ke USB dengan

menggunakan program di komputer. Program membaca perangkat konverter RS232 ke USB sebagai virtual com, sehingga komunikasi serial tetap menggunakan mode UART hanya melalui port USB. Keempat data tersebut kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik dan disimpan dalam bentuk file teks.



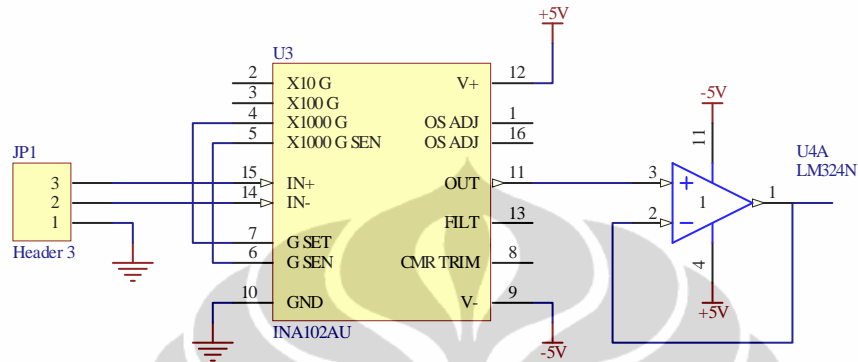
Gambar 3.1 Blok diagram sistem instrumentasi EKG dan aktivitas gerak secara wireless

3.1.1 Penguat Instrumentasi

Untuk dapat membaca sinyal EKG dari elektroda diperlukan suatu penguat. Karena sinyal dari EKG merupakan beda tegangan antara dua titik maka penguat yang paling cocok digunakan adalah penguat instrumentasi. Penguat instrumentasi dibuat dengan menggunakan IC INA102 buatan Burr-Brown. IC ini memiliki hambatan masukan sebesar $10^{10} \Omega$, CMMR 90dB, tegangan offset

maksimum $100 \mu\text{V}$ dan penguatan internal yang dapat dipilih 1x, 10x, 100x dan 1000x.

Pada penelitian ini dibuat penguat instrumentasi dengan penguatan 1000 kali dengan cara menyambungkan pin 4 dengan pin 7 dan pin 5 dengan pin 6 secara langsung, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.2.

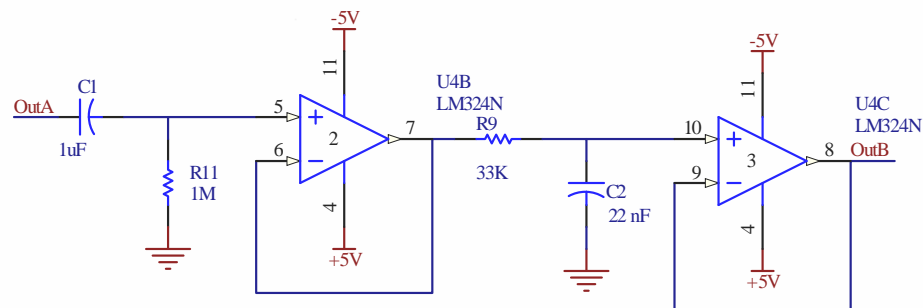


Gambar 3.2. Penguat Instrumentasi

Input+ dan input- merupakan masukan diferensial dari sensor EKG. Tegangan keluaran dari penguat instrumentasi kemudian disangga untuk menjaga agar tidak terjadi drop tegangan pada alih tegangan rangkaian berikutnya dan dijadikan masukan pada rangkaian tapis lolos pita (*band pass filter*).

3.1.2 Tapis Lolos Pita

Rangkaian tapis yang dibuat seperti terlihat pada Gambar 3.3. Rangkaian ini terdiri dari dua bagian, masing-masing menggunakan op-amp LM324, yaitu tapis aktif lolos tinggi menggunakan op-amp U4B dan tapis aktif lolos rendah menggunakan op-amp U4C.

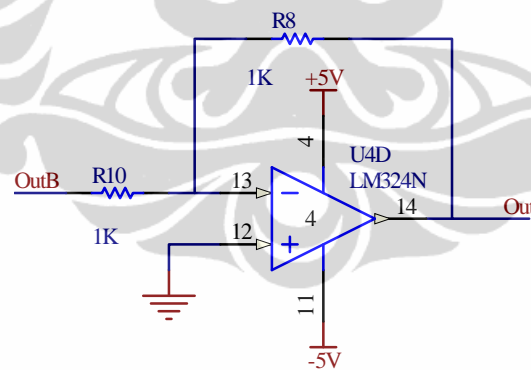


Gambar 3.3. Tapis lolos pita

Op-amp pada kedua tapis ini berfungsi sebagai pengikut tegangan atau buffer dengan penguatan satu. Pada rangkaian tapis aktif lolos tinggi, dengan menggunakan C1 sebesar 1 μ F dan R11 sebesar 1 M dan dengan menggunakan persamaan 2.14 diperoleh bahwa fiter ini memiliki pole pada frekwensi 1 Hz. Pada rangkaian tapis aktif lolos rendah, dengan menggunakan C2 sebesar 22 nF dan R9 sebesar 33K dan dengan menggunakan persamaan 2.13 diperoleh bahwa fiter ini memiliki pole pada frekwensi 219 Hz. Tapis pada Gambar 3.3 di atas, mempunyai lebar pita dari 1Hz sampai dengan 219 Hz. Lebar pita ini hampir sesuai dengan lebar pita dari isyarat listrik jantung yang berada pada rentang frekwesi 1 Hz sampai dengan 150 Hz.

3.1.3 Penguat Tak Membalik

Keluaran penguat instrumentasi memiliki sinyal terbalik (*inverting*), karena itu untuk memperoleh sinyal yang sesungguhnya perlu ditambahkan satu lagi penguat membalik yang berfungsi sebagai pembalik dan penguat sinyal (Sutrisno, 1986).

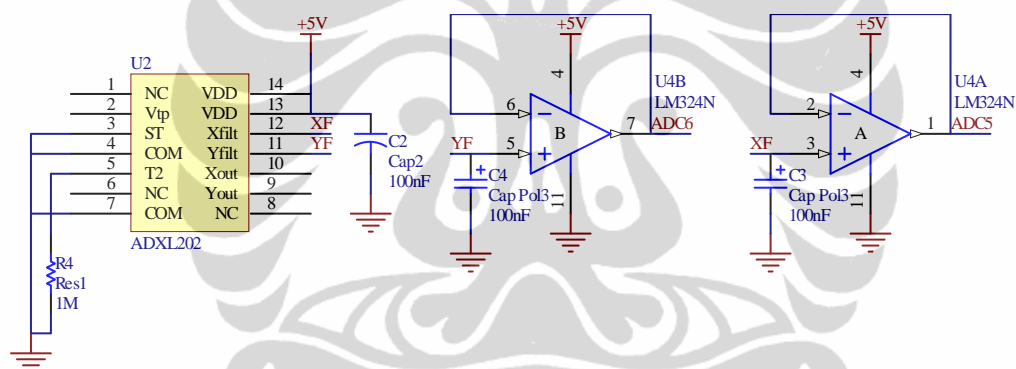


Gambar 3.4. Penguat membalik

Dengan menggunakan komponen-komponen seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.4, penguat membalik ini memiliki penguatan sebesar 1 kali dengan sinyal keluaran negatif dari masukan. Sehingga jika digabung dengan penguat instrumentasi yang memiliki penguatan 1000 kali maka penguatan total perangkat pengkondisi sinyal ini menjadi 1000 kali.

3.1.4 Sensor Percepatan Menggunakan ADXL202

Untuk mengetahui karakteristik aktifitas gerak seperti banyak langkah, getaran dan kecepatan langkah dapat digunakan sensor ADXL202. Sensor ini merupakan sensor percepatan yang dapat mengukur percepatan statis seperti gravitasi maupun percepatan dinamis seperti getaran. Sensor ADXL202 memiliki sensor internal dalam dua arah gerak yaitu arah X dan arah Y. Keluaran sensor ini, yang terdiri dari dua keluaran X dan Y, dapat berupa pulsa dengan mengukur lebar siklus tugas dan atau berupa tegangan analog. Pada penelitian ini, keluaran tegangan analog dari sensor sumbu x atau dalam arah vertikal saja yang akan diambil sebagai data percepatan gerak. Rangkaian sensor gerak ini seperti diperlihatkan pada Gambar 3.5.

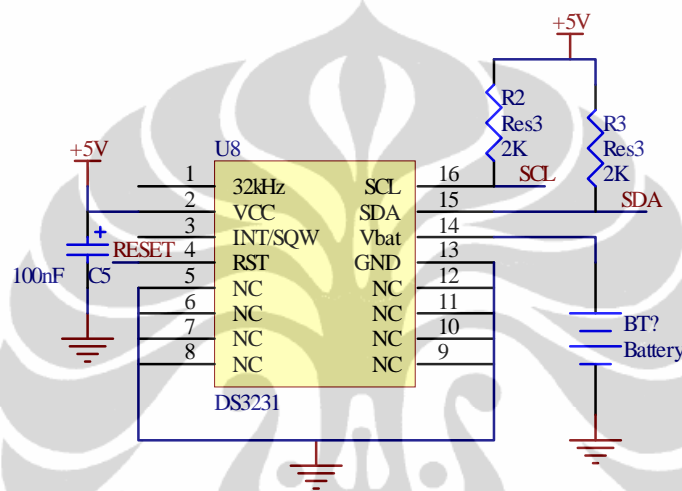


Gambar 3.5 Rangkaian sensor gerak ADXL202

Untuk mengurangi kapasitansi parasitik maka resistor R4 perlu dipasang dengan nilai berkisar antara 500 k Ω sampai dengan 2 M Ω . Karena hambatan keluaran sensor, pada kaki X_{filt} dan Y_{filt} , cukup besar sekitar 32 k Ω , tegangan keluaran pada kaki ini tidak dapat disambungkan langsung dengan ADC karena bisa terjadi drop tegangan. Untuk itu perlu ditambahkan rangkaian pengikut tegangan atau penyangga. Op-amp yang digunakan sebagai buffer adalah LM324. Tegangan keluaran dari kedua buffer ini kemudian dijadikan masukan pada ADC internal mikrokontroler.

3.1.5 Pewaktuan Dengan RTC DS3231

RTC DS3231 menyediakan jam, kalender dan keluaran gelombang persegi yang dapat diprogram. Jam dan kalender memberikan informasi tentang detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun yang terdapat pada register internal seperti diperlihatkan pada tabel 2.4 . Register internal ini dapat diakses menggunakan bus antarmuka I2C. Pada keluaran kaki SCL dan SDA perlu dipasang resistor *pull up* agar arus keluaran menjadi lebih besar.



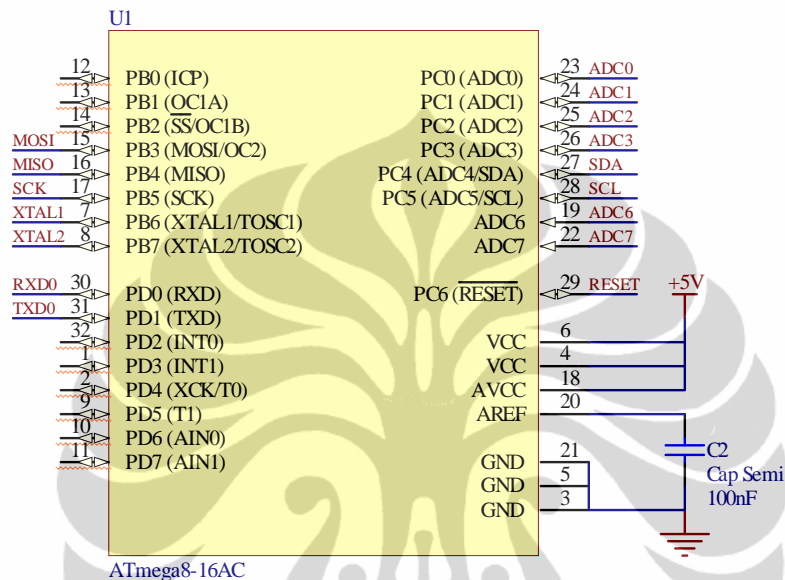
Gambar 3.6 Rangkaian RTC DS3231

Sebelum digunakan RTC DS3231, detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun harus diset terlebih dahulu, menggunakan program mikrokontroler agar sesuai dengan waktu sekarang. Selanjutnya pada pin Vbat diberikan tegangan baterai agar data yang sudah diset tidak hilang atau berubah lagi, dan osilator internal bekerja terus menerus untuk menaikkan jam dan tanggal secara periodik.

3.1.6 Integrasi Dengan ATmega8L

Rangkaian-rangkaian yang telah dibuat di atas, selanjutnya diintegrasikan dengan mikrokontroler ATmega8L. Pada Gambar 3.7. diperlihatkan rangkaian mikrokontroler ATmega8 untuk akuisisi data. Pin MOSI, MISO dan SCK digunakan hanya untuk pengisian atau penghapusan program ke mikrokontroler dengan ISP (*in system programming*). Pin XTAL1 dan XTAL2 disambungkan

dengan rangkaian clock eksternal. Clock eksternal yang digunakan pada rangkaian ini sebesar 4 MHz, karena untuk ATmega8L yang merupakan mikrokontroler *low power* hanya mempunyai rentang clock maksimum sebesar 8 MHz. pin ADC0 digunakan untuk membaca data dari pengkondisi sinyal EKG, sedangkan ADC1, ADC2 dan ADC3 tidak digunakan, tetapi hanya dikeluarkan jika dikemudian hari diperlukan untuk membaca data analog lainnya.

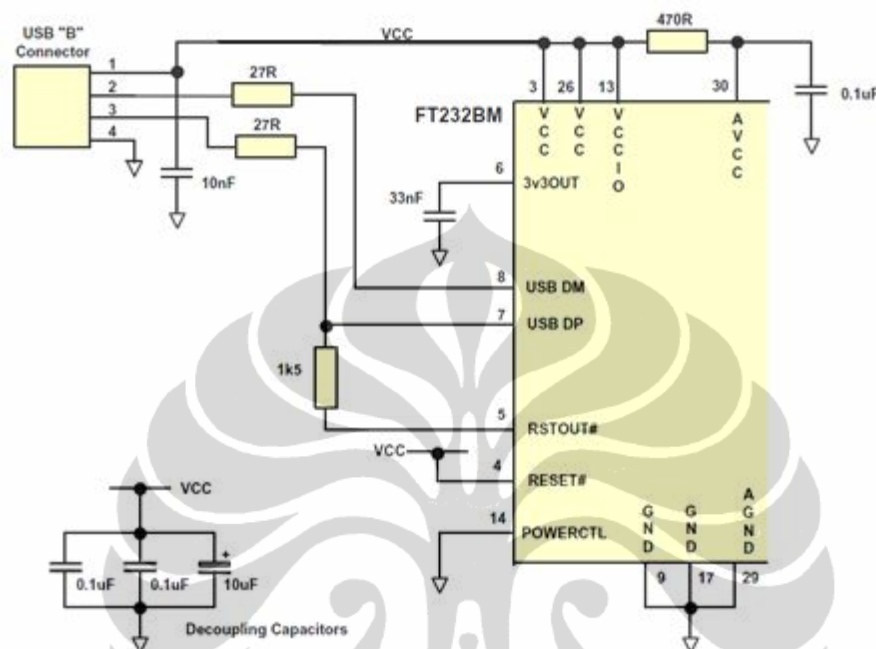


Gambar 3.7 Rangkaian mikrokontroler ATmega8

ADC4 dan ADC5 tidak digunakan sebagai ADC tetapi digunakan untuk komunikasi serial I2C, dimana ADC4 sebagai SDA dan ADC5 sebagai SCL. Komunikasi serial I2C ini akan digunakan untuk membaca data jam dan tanggal dari RTC DS3231. Pin ADC6 dan ADC7 digunakan untuk membaca data percepatan atau jumlah gerakan langkah. ADC6 digunakan untuk membaca data analog dari pergerakan sensor dalam arah Y dan ADC 7 digunakan untuk membaca data analog dari pergerakan sensor dalam arah X. Tegangan referensi yang digunakan untuk ADC ini adalah tegangan dari pin AVCC sedangkan pin Aref diberi kapasitor. Pin RXD0 dan TXD0 digunakan untuk mengirimkan data EKG, gerakan dan RTC ke komputer melalui komunikasi serial UART. Kedua pin ini disambungkan dengan *RF data transceiver* YS1020L dalam level TTL, agar komunikasi dapat dilakukan jarak jauh. Untuk mengakses ADC0, ADC6, ADC7, I2C dan RS232 diperlukan perangkat lunak atau program yang ditanam

dalam memori flash mikrokontroler ATmega8L. Program ini dibangun menggunakan bahasa Basik dengan kompilasi BASCOM AVR.

3.1.7 Koverter RS232 ke Usb Menggunakan FTDI232



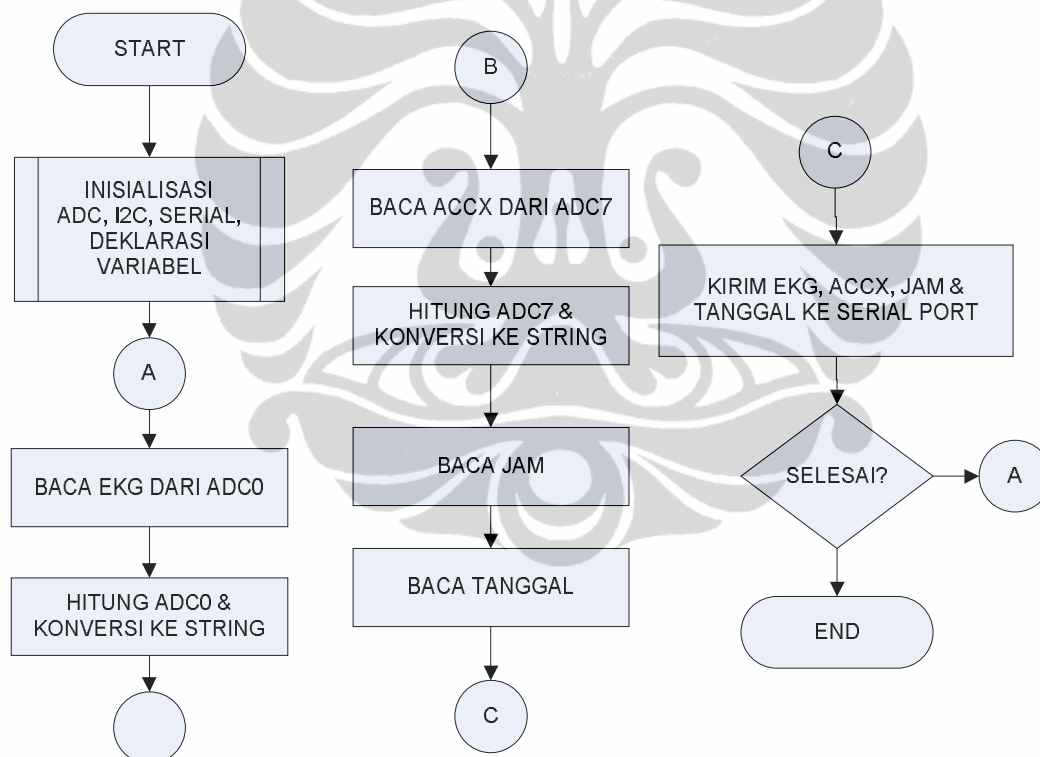
Gambar 3.8 Rangkaian konverter USB ke RS232 menggunakan IC FT232 dengan modus *bus powered*

Port USB bisa digunakan sebagai port komunikasi layaknya port serial RS232. Sehingga data dapat dikirim dari dan ke PC seolah-olah menggunakan port serial RS232, walaupun sesungguhnya melalui port USB. Cara merubah port USB menjadi perangkat komunikasi layaknya port serial RS232 adalah dengan menggunakan IC FT232 buatan Future Technology Devices International. Secara garis besar FT232 berfungsi untuk merubah data USB menjadi data serial dengan level tegangan TTL. Kecepatan transfer data serial yang dapat ditangani oleh IC ini adalah sebesar 300 bps sampai dengan 9600 bps. Pada penelitian ini, tegangan catu pada rangkaian FT232 dirubah dari *self powered* menjadi *bus powered*. Rangkaian konverter USB ke RS232 menggunakan FT232 dengan modus *bus powered* seperti diperlihatkan pada Gambar 3.8.

3.2 PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Perangkat lunak atau program terdiri dari dua bagian yaitu program mikrokontroler yang ditanam di flash mikrokontroler dan program akuisisi data pada komputer personal. Program mikrokontroler dibangun menggunakan bahasa BASCOM AVR sedangkan program pada komputer menggunakan bahasa Borland Delphi 7. Program mikrokontroler terdiri dari program untuk mengakses ADC yang akan digunakan untuk membaca data EKG dan data aktifitas gerak, program I2C yang akan digunakan untuk membaca data tanggal dan jam dari RTC dan program serial yang akan digunakan untuk mengirim data EKG, aktifitas gerak, jam dan tanggal ke komputer personal.

3.2.1 Program Mikrokontroler



Gambar 3.9. Diagram alir program mikrokontroler

Program mikrokontroler terdiri dari program utama dan sub program. Sub program terdiri dari program baca tanggal, program baca jam dan program hitung adc. Program ini dirancang agar mikrokontroler membaca data EKG melalui

ADC0, gerakan sensor dalam arah X melalui ADC7, jam dan tanggal melalui I2C dan mengirimkan data-data tersebut ke komputer melalui *RF data transceiver* secara terus menerus setiap kecepatan sampling yang ditentukan. Waktu tunda dibuat agar dapat mencuplik isyarat listrik jantung yang berada pada rentang 1 Hz sampai dengan 150 Hz. Diagram alir program mikrokontroler ini seperti diperlihatkan pada Gambar 3.9.

```

$regfile = "m8def.dat"
$crystal = 4000000

Config Scl = PORTC.5
Config Sda = PORTC.4
Config ADC = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc

Declare Sub Read_time
Declare Sub Read_date
Declare Function Hitung_adc(a As Word) As String

Const Ds3231w = &HD0
Const Ds3231r = &HD1

Const Sec_addmap = &H00
Const Min_addmap = &H01
Const Hour_addmap = &H02

Const Date_addmap = &H04
Const Month_addmap = &H05
Const Year_addmap = &H06

Dim Reg_sec As Byte , Reg_min As Byte , Reg_hour As Byte
Dim Num_hour As Byte , Num_min As Byte , Num_sec As Byte
Dim Reg_date As Byte , Reg_month As Byte , Reg_year As Byte
Dim Num_date As Byte , Num_month As Byte , Num_year As Byte
Dim Adxl As Word , Ekg As Word
Dim Adxls As String * 6 , Ekgs As String * 6
Dim UBRR As Byte
Dim Teg As Single
Dim Teks As String * 6

Start ADC
UBRR = 25

```

Gambar 3.10. Deklarasi program

Pada awal program dibuat deklarasi yang terdiri dari definisi mikrokontroler dan kristal yang digunakan, konfigurasi port komunikasi I2C, konfigurasi ADC, deklarasi sub program dan fungsi, serta deklarasi konstanta dan variabel. Bagian program deklarasi ini seperti diperlihatkan pada Gambar 3.10. Pada bagian deklarasi ini ADC dikonfigurasi sebagai *single ended* (masukan tunggal), prescaler dibuat auto yang berarti frekwensi *clock* untuk ADC diatur

secara otomatis oleh kompiler dan disesuaikan dengan frekwensi *clock* eksternal yang digunakan oleh mikrokontroler, sedangkan tegangan referensi yang digunakan berasal dari AVCC atau 5 volt dimana pin AREF diberi kapasitor. Konfigurasi ini sama dengan menuliskan data 0 ke bit REFS dan data 1 ke bit REFS0 pada register ADMUX. Untuk membuat perangkat ADC *enable* pada program dituliskan Start ADC hal ini sama dengan menseset bit ADEN pada register ADCSRA. Terakhir didefinisikan UBRR = 25, hal ini digunakan untuk menseset kecepatan transfer data dalam komunikasi serial sebesar 9600 seperti diperlihatkan pada Tabel 2.9.

Selanjutnya deklarasi sub program yang terdiri dari sub program baca jam, sub program baca tanggal dan fungsi perhitungan ADC. Deklarasi konstanta merupakan deklarasi alamat-alamat dari RTC DS3231 yaitu alamat tulis, alamat baca dan alamat-alamat untuk register detik, menit, jam, tanggal, bulan dan tahun. Dengan deklarasi konstanta ini pemrograman menjadi lebih mudah untuk ditelusuri. Disamping itu, dilakukan pula deklarasi beberapa variabel yang akan digunakan dalam program.

Reg_sec, Reg_min, dan Reg_hour merupakan variabel-variabel 1 byte yang digunakan untuk menyimpan hasil pembacaan RTC DS3231 yang masing-masing untuk data detik, menit dan jam. Reg_date, Reg_month, dan Reg_year merupakan variabel-variabel 1 byte yang digunakan untuk menyimpan hasil pembacaan RTC DS3231 yang masing-masing untuk data tanggal, bulan dan tahun. Num_sec, Num_min, dan Num_hour merupakan variabel-variabel 1 byte yang digunakan untuk menyimpan hasil konversi BCD (pembacaan RTC) ke desimal, yang akan dikirim melalui komunikasi serial, masing-masing untuk detik, menit, dan jam. Num_date, Num_month, dan Num_year merupakan variabel-variabel 1 byte yang digunakan untuk menyimpan hasil konversi BCD ke desimal, yang akan dikirim melalui komunikasi serial, masing-masing untuk tanggal, bulan, dan tahun.

```

Do
  Ekg = Getadc(0)
  Ekgs = Hitung_adc(ekg)
  Adxl = Getadc(6)
  Adxls = Hitung_adc(adxl)

  Call Read_time
  Call Read_date

  Print "$" ; Ekgs ; "," ; Adxls ; "," ; Num_hour ; ":" ;
           Num_min ; ":" ; Num_sec ; "," ; Num_date ; "/" ; Num_month ;
           "/" ; Num_year ; "*" ;

  Waitms 10
Loop
End

```

Gambar 3.11. Program Utama

Inti dari program mikrokontroler ini adalah program utama, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.11. Program utama diapit oleh perintah pengulangan Do...Loop, sehingga program ini akan dijalankan terus menerus. Pada program utama terlihat bahwa program ini menggunakan fungsi Getadc(), perintah pemanggilan fungsi, fungsi Call untuk memanggil sub program, fungsi Print untuk mengirim data ke port serial dan fungsi Waitms untuk menunda jalannya program dalam satu looping.

Fungsi Getadc(kanal) berfungsi untuk mengambil data analog menggunakan ADC pada alamat multipleks yang ditunjuk oleh variabel kanal. Setelah data dari ADC dicuplik dan dimasukkan ke masing-masing variabelnya, kemudian data ini dihitung menggunakan fungsi Hitung_adc(), seperti diperlihatkan pada Gambar 3.14. Keluaran fungsi Hitung_adc() merupakan data bertipe string. Pembacaan jam dan tanggal dilakukan dengan memanggil sub program Read_time dan Read_date, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.12 dan Gambar 3.13, menggunakan fungsi Call. Keluaran dari kedua sub program ini merupakan data jam dan tanggal.

Data-data yang sudah diperoleh dan disimpan dalam masing-masing variabel yang terdiri dari data EKG, adxl, jam, menit, detik, tanggal, bulan dan tahun dikirim ke personal komputer menggunakan fungsi Print yang berguna untuk komunikasi serial UART. Data-data tersebut dikirim dalam paket data yang diawali dengan karakter '\$' dan diakhiri dengan karakter '*'. Dari satu loop proses program utama ke proses berikutnya diberikan waktu tunda sebesar 7

milidetik, 10 milidetik atau 20 milidetik yang dipilih sesuai dengan kebutuhan pengambilan data.

```

Sub Read_time
  I2cstart
  I2cwbyte Ds3231w
  I2cwbyte Sec_addmap
  I2cstop

  I2cstart
  I2cwbyte Ds3231r
  I2crbyte Reg_sec , Ack
  I2crbyte Reg_min , Ack
  I2crbyte Reg_hour , Nack
  I2cstop

  If Reg_hour.6 = 1 Then
    Reg_hour = Reg_hour And &B00011111
  Else
    Reg_hour = Reg_hour And &B00111111
  End If

  Num_hour = Makedec(reg_hour)
  Num_min = Makedec(reg_min)
  Num_sec = Makedec(reg_sec)
End Sub

```

Gambar 3.12. Sub program untuk membaca data jam pada RTC

Sub program Read_time, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.12, berfungsi untuk membaca data jam, menit dan detik dari RTC. Untuk melakukan pembacaan instruksi program harus sesuai dengan diagram pewaktuan atau format frame I2C seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.9. Proses pembacaan jam diawali dengan inialisasi I2cstart dan dilanjutkan dengan I2CWByte DS3231w untuk menuliskan perintah atau instruksi. Kemudian diikuti dengan menuliskan alamat register detik I2CWByte Sec_addmap dan dihentikan dengan I2CStop. Langkah selanjutnya adalah mulai membaca data detik, diawali dengan I2Cstart dan perintah membaca dikirimkan ke RTC menggunakan instruksi I2CWbyte DS3231r. Selanjutnya data detik, menit dan jam dibaca berturut-turut menggunakan perintah I2CRbyte Reg_sec, Ack. Ack digunakan sebagai indikator masih ada data yang lain perlu dibaca sedangkan kebalikannya adalah NAck, yang berarti tidak ada lagi data yang perlu dibaca. Proses pembacaan diakhiri dengan perintah stop. Untuk proses normalisasi terhadap mode jam, apakah mode 12 jam atau 24 jam, digunakan pengecekan pada bit-6 di Reg_hour. Langkah terakhir

adalah merubah hasil pembacaan yang masih dalam format biner ke desimal melalui instruksi `Makedec()`.

Sub program `Read_date`, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.13, berfungsi untuk membaca data tanggal, bulan dan tahun dari RTC. Untuk melakukan pembacaan instruksi program sama dengan pembacaan jam. Proses pembacaan tanggal diawali dengan inialisasi `I2cstart`, kemudian dilanjutkan dengan `I2CWByte DS3231w` untuk menuliskan perintah atau instruksi. Kemudian diikuti dengan menuliskan alamat register tanggal `I2CWByte date_addmap` dan dihentikan dengan `I2CStop`. Langkah selanjutnya adalah mulai membaca data tanggal, diawali dengan `I2Cstart` dan perintah membaca dikirimkan ke RTC menggunakan instruksi `I2CWbyte DS3231r`. Kemudian baru data tanggal, bulan dan tahun dibaca berturut-turut menggunakan perintah `I2CRbyte Reg_date`, `Ack`, `Ack` digunakan sebagai indikator masih ada data yang lain perlu dibaca sedangkan kebalikannya adalah `NAck`, yang berarti tidak ada lagi data yang perlu dibaca, terakhir di-stop dengan perintah `I2CStop`. Langkah terakhir adalah merubah hasil pembacaan yang masih dalam format biner ke desimal melalui instruksi `Makedec()`.

```

Sub Read_date
  I2cstart
  I2cwbyte Ds3231w
  I2cwbyte Date_addmap
  I2cstop

  I2cstart
  I2cwbyte Ds3231r
  I2crbyte Reg_date . Ack
  I2crbyte Reg_month . Ack
  I2crbyte Reg_year . Nack
  I2cstop

  Num_date = Makedec(reg_date)
  Num_month = Makedec(reg_month)
  Num_year = Makedec(reg_year)
End Sub

```

Gambar 3.13. Sub program untuk membaca data tanggal pada RTC

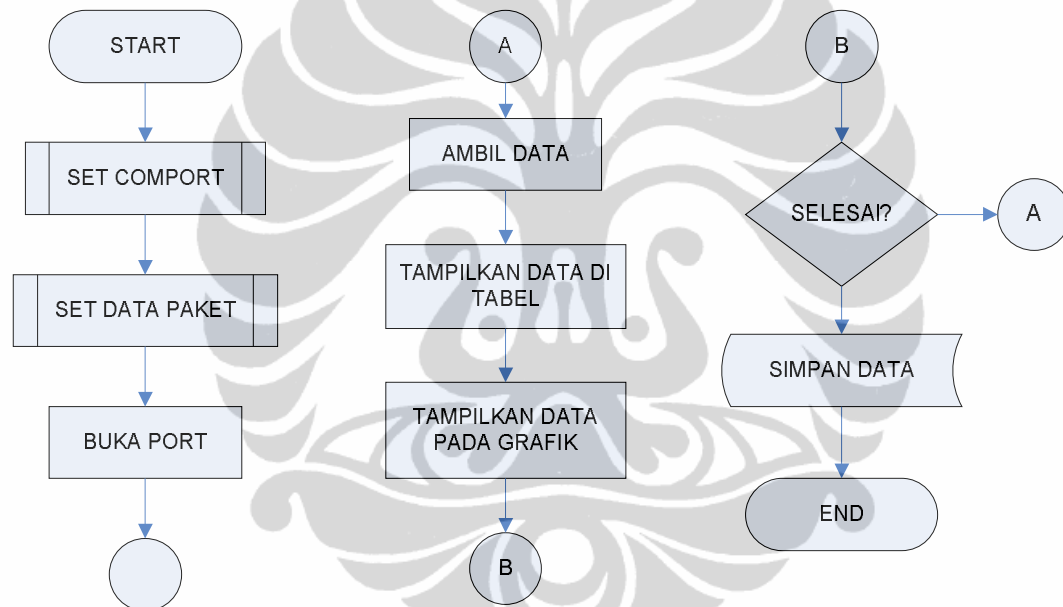
Fungsi `Hitung_adc`, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.14, berfungsi untuk mengkonversi data biner dari ADC ke desimal yang bersesuaian dengan tegangan analog yang masuk. Perhitungan tegangan dilakukan dengan menggunakan

persamaan 2.16. Hasil perhitungan ini kemudian dikonversi ke bentuk string dengan format yang disesuaikan terhadap resolusi ADC.

```
Function Hitung_adc(a As Word) As String * 6
    Teg = A / 1024
    Teg = Teg * 5
    Tegn = Fusing(teg , "#.####")
    Hitung_adc = Tegn
End Function
```

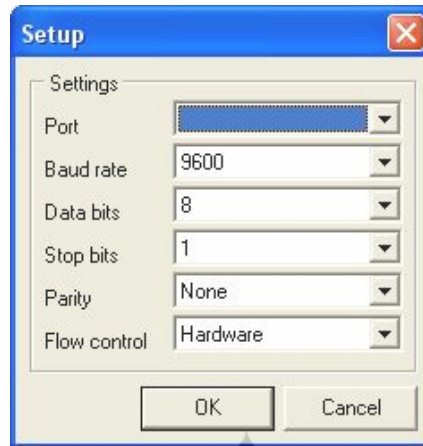
Gambar 3.14. Sub program untuk menghitung data ADC

3.2.2 Program Pada Komputer



Gambar 3.15. diagram alir program computer

Diagram alir program komputer, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.15. Pada program komputer ini, yang pertama kali dilakukan adalah menset com yang akan digunakan sebagai jalur komunikasi serial, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.16. parameter-parameter yang harus diisi antara lain com ke berapa yang akan digunakan sebagai port I/O, baud rate, panjang data, banyaknya stop bit, ada paritas atau tidak dan *flow control*.



Gambar 3.16. Dialog untuk menset komunikasi serial

Selanjutnya program akan mendefinisikan parameter-parameter data paket, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.17. Hal ini perlu agar ada kesesuaian dengan data yang akan dikirim dari mikrokontroler. Data yang diterima dari mikrokontroler memiliki panjang yang tertentu, diawali dengan karakter '\$' dan diakhiri dengan karakter '*'. Frame data inilah yang akan dideteksi oleh program komputer agar data yang dikirim tidak tertukar satu dengan yang lainnya, karena data EKG, adxl, jam, menit, detik, tanggal, bulan dan tahun dikirim secara bersamaan.

```

procedure TUtamaForm.Button1Click(Sender: TObject);
begin
    With cDPaket Do
    Begin
        CaseInsensitive := true;
        IncludeStrings := true;
        StartString := '$';
        StopString := '*';
        Size := spinedit1.Value;
    End;

    pSetingPort.Visible := False;
end;

```

Gambar 3.17. Sub Program inialisasi data paket

Setelah seting serial com dan data paket selesai dilakukan, kemudian com serial dibuka menggunakan program *event handler* seperti pada Gambar 3.18. Data-data yang terdiri dari mikrokontroler diterima oleh personal komputer

menggunakan komunikasi serial USB melalui *RF data transceiver*. Objek yang digunakan untuk komunikasi serial ini adalah Comport. Instruksi program yang pertama kali dilakukan adalah membuka port untuk komunikasi. Jika *button* Mulai diklik maka prosedur ini akan dijalankan. Prosedur ini akan mengecek apakah comport dalam kondisi buka atau tutup, jika terbuka maka instruksi yang dijalankan adalah menutup dan sebaliknya jika tertutup maka instruksi yang akan dijalankan adalah membuka.

Apabila com sudah dibuka, data akan diterima komputer dan ditampilkan pada tabel dan grafik. Data dalam tabel memiliki tipe berbeda dengan data dalam grafik. Data dalam tabel harus bertipe string sedangkan data dalam grafik harus bertipe bilangan real atau integer. Karena itu, data yang diterima harus dikonversi tipenya kedalam tipe yang sesuai agar bisa ditampilkan pada tabel dan grafik

```

procedure TUtamaForm.Button2Click(Sender: TObject);
begin
    if ComPort1.Connected then
        ComPort1.Close
    else
        ComPort1.Open;
end;

```

Gambar 3.18. Sub program untuk komunikasi RS232

Dan apabila pengukuran sudah selesai dilakukan, port komunikasi serial harus ditutup dengan mengklik *Button Berhenti*. Selanjutnya data yang sudah diambil disimpan dalam file dengan mengklik *button Simpan*. Jika *button* ini diklik maka akan tampil kotak dialog penyimpanan file. Program *even handler* untuk penyimpanan data ini seperti diperlihatkan pada Gambar 3.19. Setelah nama file didefinisikan, program ini akan memanggil prosedur *Simpan()*, dan data akan disimpan sesuai dengan nama filenya.

```

procedure TUtamaForm.bSimpanClick(Sender: TObject);
var
    files : string;
begin
    if savedialog1.Execute then files:=savedialog1.FileName;
    Simpan(files);
end;

```

Gambar 3.19. Sub program untuk menyimpan file data akuisisi

Data pengukuran yang sudah disimpan dapat dibaca dan ditampilkan kembali dalam bentuk tabel dan grafik dengan menggunakan prosedur buka file. Program *even handler* untuk membuka file ini seperti diperlihatkan pada Gambar 3.20. Setelah file yang dibuka dipilih melalui *open dialog*, program akan memanggil prosedur Baca().

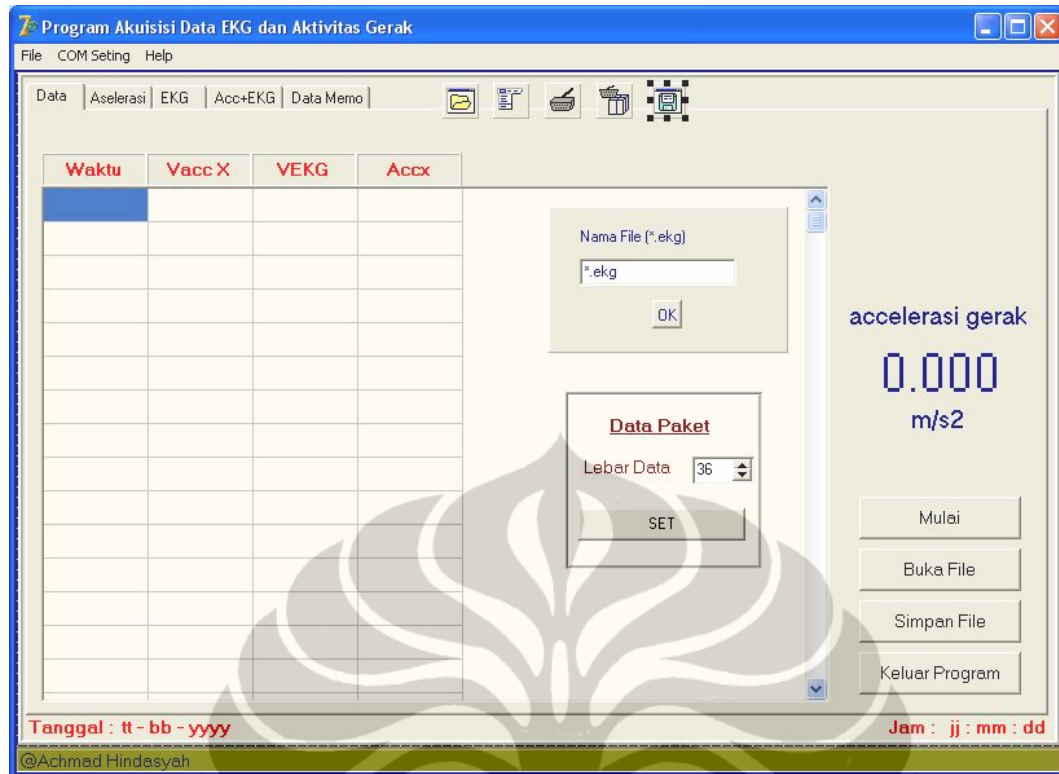
```

procedure TUtamaForm.bBukaClick(Sender: TObject);
var
    files : string;
begin
    if opendialog1.Execute then files:=opendialog1.FileName;
    Baca(files);
end;

```

Gambar 3.20. Sub Program untuk membuka file data akuisisi

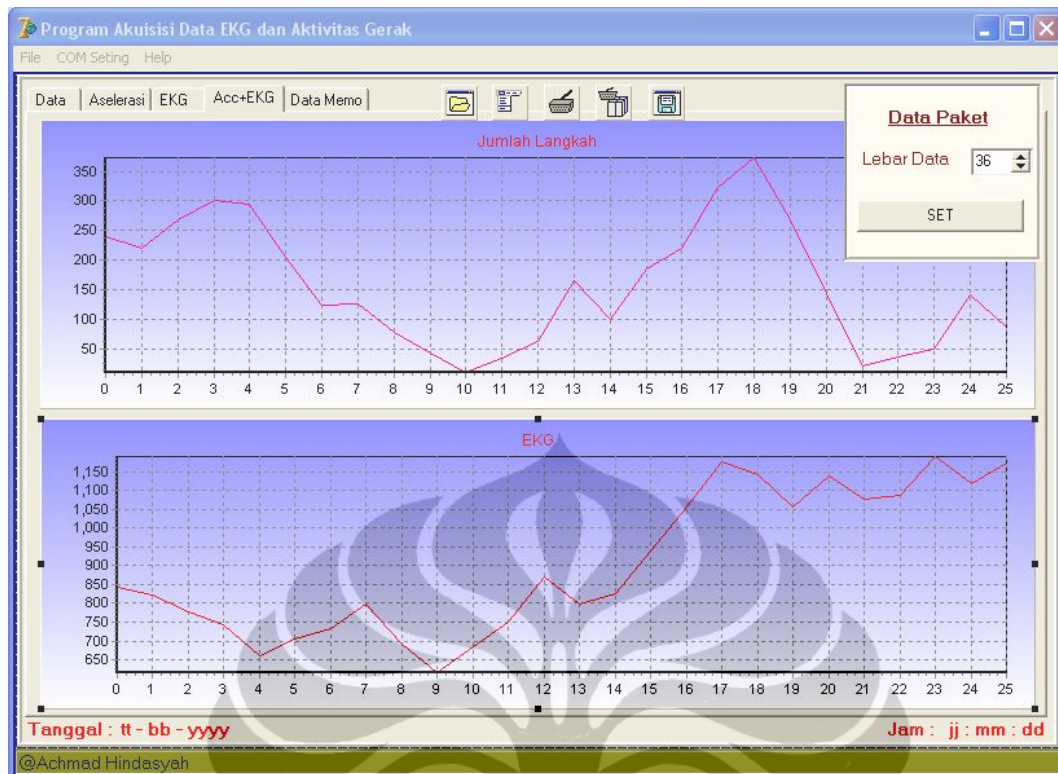
Tampilan program akuisisi data di komputer seperti diperlihatkan pada Gambar 3.21. Tabel data terdiri dari kolom waktu, Vacc X, VEKG dan Accx. Kolom waktu berfungsi untuk menampilkan data jam pengukuran, kolom Vacc X berfungsi untuk menampilkan data tegangan dari sensor ADXL202 untuk arah X, VEKG berfungsi untuk menampilkan tegangan dari sensor EKG, kolom Accx berfungsi untuk menampilkan besar percepatan gerak arah X yang diperoleh setelah mengkalibrasi sensor ADXL202 dan memasukkan faktor kalibrasi tersebut pada persamaan perhitungan,



Gambar 3.21. Tampilan program data akuisisi data EKG dan aktifitas gerak

Selain tabel, pada program ini juga digunakan objek-objek lainnya baik visual maupun non-visual (Kadir, A., 2001). Objek-objek visual yang digunakan seperti button, label, page control, menu item, spin edit, chart dan status bar. Sedangkan objek-objek non visual yang digunakan seperti comport, com data packet, save dialog, open dialog dan main menu.

Tampilan program grafik seperti diperlihatkan pada Gambar 3.22. Pada contoh tampilan ini diperlihatkan grafik pengukuran percepatan aktifitas gerak dan grafik EKG. Selain grafik ini, pada program juga dapat ditampilkan grafik percepatan arah vertikal, dan grafik EKG. Tampilan grafik hanya terbatas pada 300 data untuk EKG dan 200 data untuk Acc+EKG. Setelah jumlah data mencapai 300 atau 200, maka grafik akan bergeser secara otomatis dan selalu menampilkan data terbaru.



Gambar 3.22. Tampilan program grafik EKG dan aktifitas gerak

BAB IV PEMBAHASAN

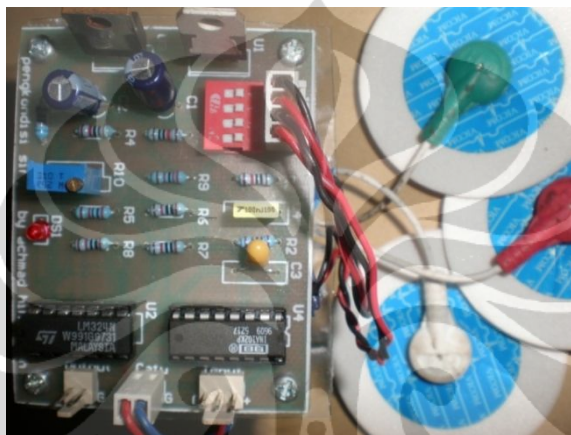
Perangkat keras dan perangkat lunak yang direncanakan untuk dibuat pada penelitian ini telah berhasil dibuat. Perangkat keras dibuat dalam tiga modul yaitu modul pengkondisi sinyal, modul mikro-transmitter dan modul USB-receiver. Modul pengkondisi sinyal terdiri dari penguat instrumentasi, penyangga tegangan dan tapis lolos pita. Modul mikro-transmitter terdiri dari mikrokontroler ATmega8L, ADXL202 sebagai sensor percepatan gerak, RTC DS3231 sebagai pewaktuan dan *RF data transceiver* sebagai trasmitter. Modul USB-receiver terdiri dari *RF data transceiver* sebagai receiver dan konverter komunikasi serial RS232 ke USB.

Perangkat lunak atau program dibuat dalam dua bagian yaitu program untuk mikrokontroler yang dibuat dengan bahasa BASCOM AVR dan program pada komputer yang dibuat dengan bahasa Borland Delphi 7. Program mikrokontroler terdiri dari program utama dan sub program. Program ini dirancang agar mikrokontroler membaca data EKG melalui ADC0, gerakan arah vertikal melalui ADC7, jam dan tanggal, serta mengirimkan data-data tersebut ke komputer melalui *RF data transceiver* secara terus menerus dengan kecepatan sampling yang ditentukan. Program pada komputer, PROGRAM EKG, berfungsi untuk mengumpulkan dan menampilkan data baik dalam bentuk grafik maupun numerik. Selain itu, program ini juga dapat menyimpan data dalam bentuk file teks.

Setelah perangkat keras dan lunak dibuat dan dirakit, selanjutnya dilakukan pengambilan data EKG dan aktifitas gerak berupa jumlah gerak langkah. Data EKG diambil dalam dua keadaan yaitu keadaan diam dan berlari. Ketika berlari, disamping data EKG yang diambil, juga data vibrasi gerak yang menginterpretasikan jumlah langkah dalam satuan detik. Data EKG dalam keadaan diam dicuplik dengan kecepatan sampling 20 milidetik, 10 milidetik dan 7 milidetik, sedangkan data EKG dalam keadaan berlari kecil dicuplik dengan kecepatan sampling 10 milidetik.

4.1 PERANGKAT KERAS

Modul pengkondisi sinyal yang berhasil dibuat terdiri dari penguat instrumentasi, penyangga tegangan, tapis lolos pita dan penaik tegangan, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.1. Modul ini menggunakan catu daya ± 5 Volt yang berasal dari baterai dan mempunyai penguatan sinyal sebesar 1000 kali serta lebar pita frekuensi tapis antara 0,15 Hz sampai dengan 219,2 Hz.



Gambar 4.1. Modul pengkondisi Sinyal

Pengujian penguat dilakukan dengan memberikan sinyal masukan pada penguat instrumentasi dengan variasi frekwensi. Frekwensi yang digunakan adalah DC, 50 Hz, 100 Hz dan 150 Hz. Data hasil pengujian penguat seperti diperlihatkan pada Tabel 4.1.

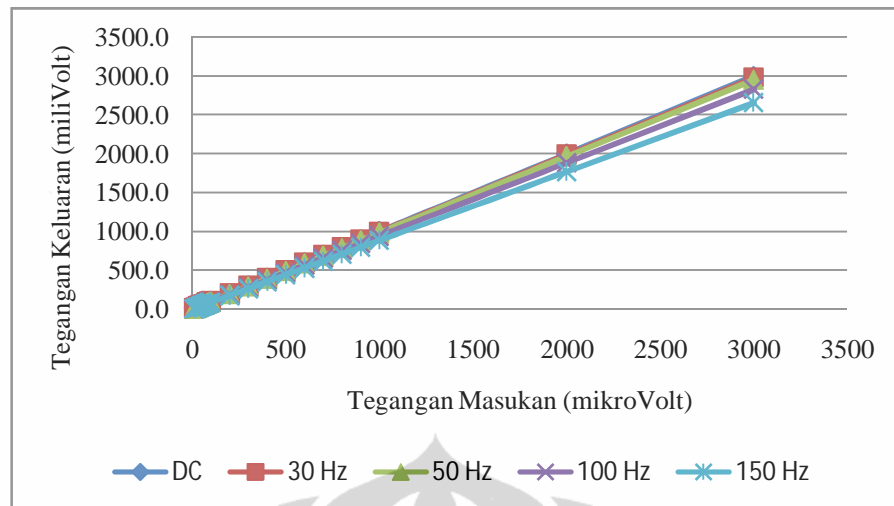
Tabel 4.1. Pengujian penguat

Tegangan Masukan (μ V)	Tegangan Keluaran (miliVolt)				
	DC	30 Hz	50 Hz	100 Hz	150 Hz
10	10.0	9.9	9.8	9.4	8.9
20	20.0	19.9	19.7	18.9	17.7
30	30.0	29.8	29.5	28.3	26.6
40	40.0	39.7	39.4	37.7	35.4
50	50.0	49.7	49.2	47.2	44.3
60	59.9	59.6	59.0	56.6	53.1

70	69.9	69.5	68.9	66.0	62.0
80	79.9	79.4	78.7	75.4	70.8
90	89.9	89.4	88.6	84.9	79.7
100	99.9	99.3	98.4	94.3	88.5
200	199.8	198.6	196.8	188.6	177.0
300	299.7	297.9	295.2	282.9	265.5
400	399.6	397.2	393.6	377.2	354.0
500	499.5	496.5	492.0	471.5	442.5
600	599.4	595.8	590.4	565.8	531.0
700	699.3	695.1	688.8	660.1	619.5
800	799.2	794.4	787.2	754.4	708.0
900	899.1	893.7	885.6	848.7	796.5
1000	999.0	993.0	984.0	943.0	885.0
2000	1998.0	1986.0	1968.0	1886.0	1770.0
3000	2997.0	2979.0	2952.0	2829.0	2655.0

Dari tabel ini diperoleh bahwa penguatan penguat pada frekwensi yang lebih kecil mempunyai nilai yang lebih besar pada masukan amplitudo yang sama. Dengan memplot hasil dari Tabel 4.1 pada grafik, gradien antara tegangan keluaran dan masukan merupakan besar penguatan penguat seperti diperlihatkan pada Gambar 4.2.

Besar penguatan penguat atau gradien berturut-turut adalah sebesar 999 kali untuk sinyal DC, 993 untuk sinyal dengan frekwensi 30 Hz, 984 kali untuk sinyal dengan frekwensi 50 Hz, 943 kali untuk sinyal dengan frekwensi 100 Hz dan 885 kali untuk sinyal dengan frekwensi 150 Hz. Dengan kata lain terjadi kesalahan penguatan berturut-turut sebesar 0,1% , 0,7% , 1,6% dan 11,5% masing-masing untuk frekwensi 30 Hz, 50 Hz, 100 Hz dan 150 Hz. Kesalahan penguatan ini disebabkan karena lebar pita frekwensi IC LM324 pada penguatan terbuka.



Gambar 4.2. Linieritas penguatan penguat terhadap perubahan frekwensi

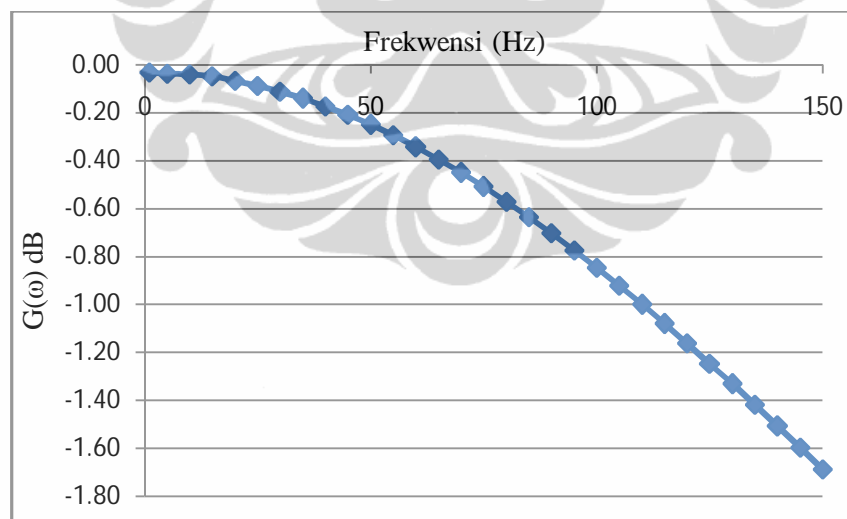
Pengujian penguat yang telah digabungkan dengan tapis lolos pita dilakukan dengan memberikan amplitudo tetap sebesar $706 \mu\text{V}$ tetapi besar frekuensi yang berbeda dengan rentang dari 1 Hz sampai dengan 150 Hz. Hasil pengujian ini diperlihatkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Pengujian modul akuisisi data

Frekuensi (Hz)	Log (f)	Vout (mVolt)	G(ω) (dB)	Frekuensi (Hz)	Log (f)	Vout (mVolt)	G(ω) (dB)
1	0	704.4	-0.03	75	1.88	666.8	-0.51
5	0.70	704.0	-0.04	80	1.90	662.0	-0.57
10	1.00	703.7	-0.04	85	1.93	657.1	-0.64
15	1.18	703.1	-0.05	90	1.95	652.0	-0.70
20	1.30	701.5	-0.07	95	1.98	646.7	-0.77
25	1.40	699.9	-0.09	100	2.00	641.3	-0.85
30	1.48	697.9	-0.11	105	2.02	635.7	-0.92
35	1.54	695.7	-0.14	110	2.04	630.0	-1.00
40	1.60	693.1	-0.17	115	2.06	624.3	-1.08
45	1.65	690.2	-0.21	120	2.08	618.4	-1.16
50	1.70	686.9	-0.25	125	2.10	612.4	-1.25
55	1.74	683.4	-0.29	130	2.11	606.4	-1.33

60	1.78	679.6	-0.34	135	2.13	600.4	-1.42
65	1.81	675.6	-0.39	140	2.15	594.3	-1.51
70	1.85	671.3	-0.45	145	2.16	588.1	-1.60
				150	2.18	582.0	-1.69

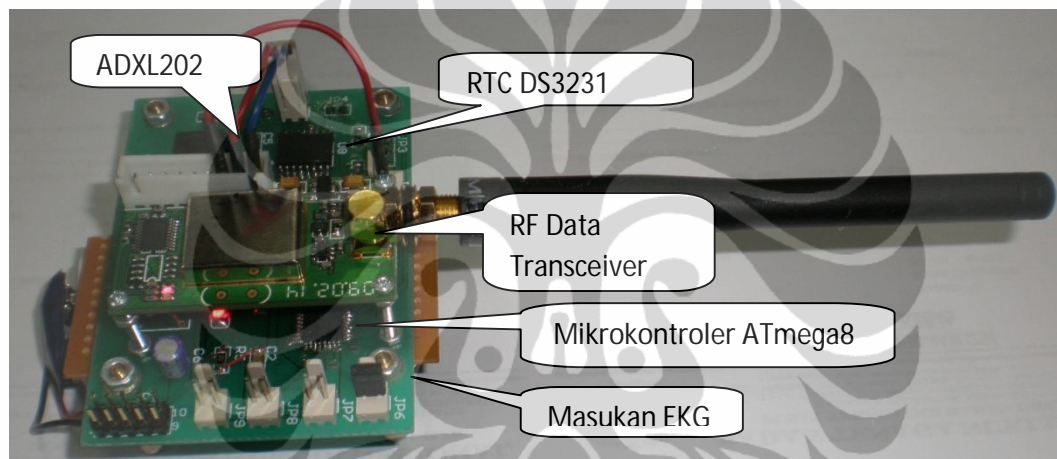
Dari Tabel 4.2 diperoleh bahwa keluaran penguat dibandingkan dengan masukan semakin kecil dengan naiknya frekwensi. Hal ini mengakibatkan kesalahan penguatan semakin besar dengan naiknya frekwensi. Kesalahan penguatan terbesar terjadi pada frekwensi 150 Hz yaitu sebesar -1,69 dB atau 17,7%. Dengan memplot frekwensi terhadap penguatan hasil dari Tabel 4.2, pada grafik, tampak penurunan penguatan $G(\omega)$ sebanding dengan naiknya frekwensi, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.3. Penurunan penguatan ini mengakibatkan tegangan keluaran modul pengkondisi sinyal menjadi lebih kecil dari semestinya. Pada modul akuisisi data ini dipasang juga penguat pembalik dengan penguatan satu. Penguat ini berguna untuk membalikkan sinyal EKG yang diperoleh agar tidak terbalik sehingga memudahkan pembacaan.



Gambar 4.3. Respon amplitudo modul pengkondisi sinyal

Modul mikro-transmitter, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.4, berfungsi untuk mengumpulkan data dan mengirimkannya ke komputer melalui *RF data transceiver*. Perangkat utama dari modul ini antara lain mikrokontroler ATmega8L, ADXL202 sebagai sensor acelerometer, RTC DS3231 sebagai

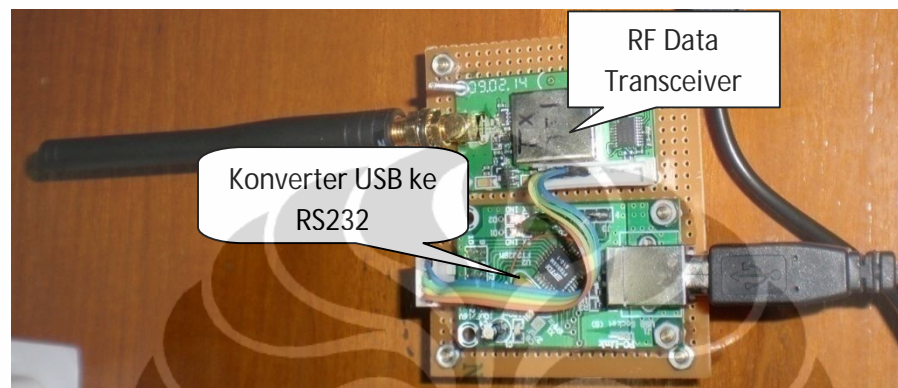
pewaktuan dan *RF data transceiver* sebagai trasmitter. Perangkat-perangkat tersebut dapat dioperasikan pada daya rendah, sehingga modul ini dapat diberi catu daya dari baterai saja. Keluaran sensor percepatan ADXL202 yang merupakan percepatan aktifitas gerak, dalam arah vertikal, dibaca oleh mikrokontroler ATmega8L melalui internal ADC. Data tanggal dan jam yang ditampung dalam register RTC DS3231 dibaca oleh mikrokontroler ATmega8L melalui komunikasi serial TWI sedangkan data EKG dari modul pengkondisi sinyal dibaca mikrokontroler ATmega8L melalui internal ADC. Kelima data ini dikirim ke komputer secara bersamaan melalui transmitter *RF data transceiver*.



Gambar 4.4. Modul mikro-transmitter

Modul USB-receiver, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.5, berfungsi sebagai receiver dan konverter komunikasi serial RS232 ke USB. Modul ini terdiri dari perangkat *RF data transceiver* sebagai receiver dan perangkat konverter komunikasi serial RS232 ke USB. Komunikasi antara *RF data transceiver* dengan konverter USB ke RS232 dilakukan dengan mode UART pada level tegangan TTL. Data-data yang dikirimkan oleh modul mikro-transmitter diterima oleh komputer melalui modul USB-receiver. Komputer akan mendeteksi modul USB-receiver ini sebagai port COM virtual. Karena itu, pada program komputer, sebelum digunakan, harus diset terlebih dahulu COM yang digunakan. Hal ini diperlukan karena pada masukan port USB yang berbeda akan menghasilkan alamat COM yang berbeda pula. Pada penelitian ini, komputer mendeteksi perangkat konverter USB ke serial RS232 sebagai COM5.

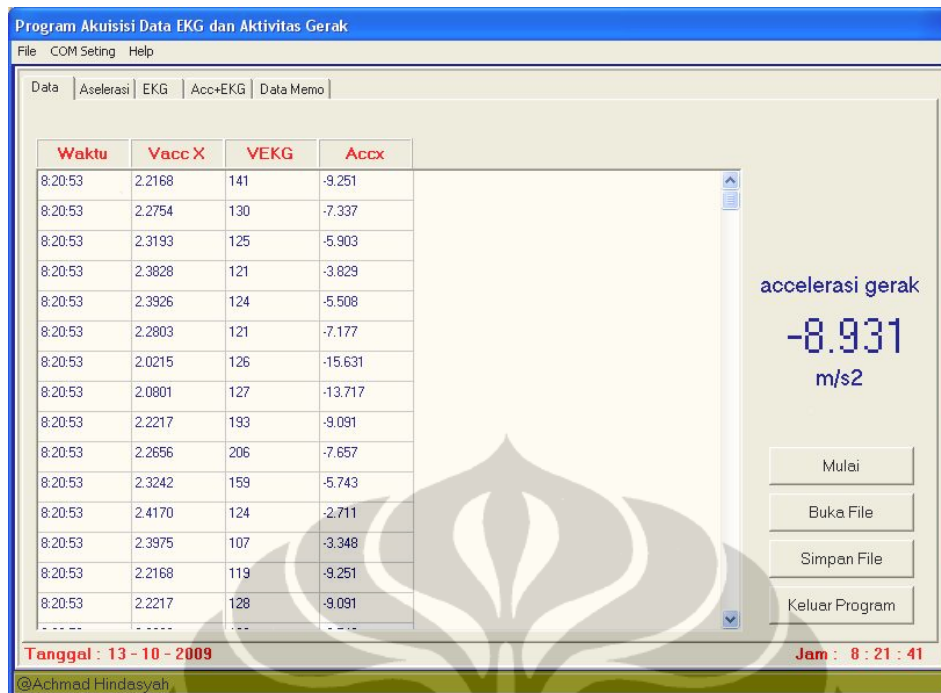
Data-data yang diterima komputer tidak terpengaruh oleh ineterferensi perangkat *RF data transceiver* maupun PLN. Kecepatan pengiriman data melalui *RF data transceiver* telah diseting oleh pabrikan sebesar 9600 bps, sehingga komunikasi untuk seluruh perangkat keras ini diset pada kecepatan transfer sebesar 9600 bps.



Gambar 4.5. Modul USB-receiver

4.2 PERANGKAT LUNAK

PROGRAM EKG memiliki tiga buah menu yang terdiri dari **File**, **COM Seting** dan **Help**. Menu **File** memiliki sub menu yang terdiri dari **File Baru**, **Buka File**, **Simpan** dan **Keluar**. Sub menu **File Baru** berfungsi untuk memasukkan nama file pengukuran. File ini, bertipe teks dengan ekstensi file (*.ekg), akan merekam data yang ditampilkan pada halaman Data Memo. Pengolahan dengan menggunakan Microsoft Excel dapat pula dilakukan dengan memanggil file ini. Sub menu **Buka File** berfungsi untuk membuka file yang sudah disimpan. File yang telah dibuka ditampilkan sesuai dengan format dan susunan dalam program. Sub menu **Simpan** berfungsi untuk merekam data-data yang tampil pada Program Akuisisi Data EKG dan Aktifitas Gerak. Data-data tersebut antara lain tanggal, jam, tegangan ekg, tegangan percepatan gerak dari sensor ADXL202 dan nilai percepatan gerak. File ini bertipe teks dan memiliki ekstensi (*.ekg), hanya dapat dibuka oleh program komputer saja, karena memiliki format dan susunan sesuai dengan format dan susunan tampilan program. Sub menu **Keluar** berfungsi untuk menutup aplikasi program.

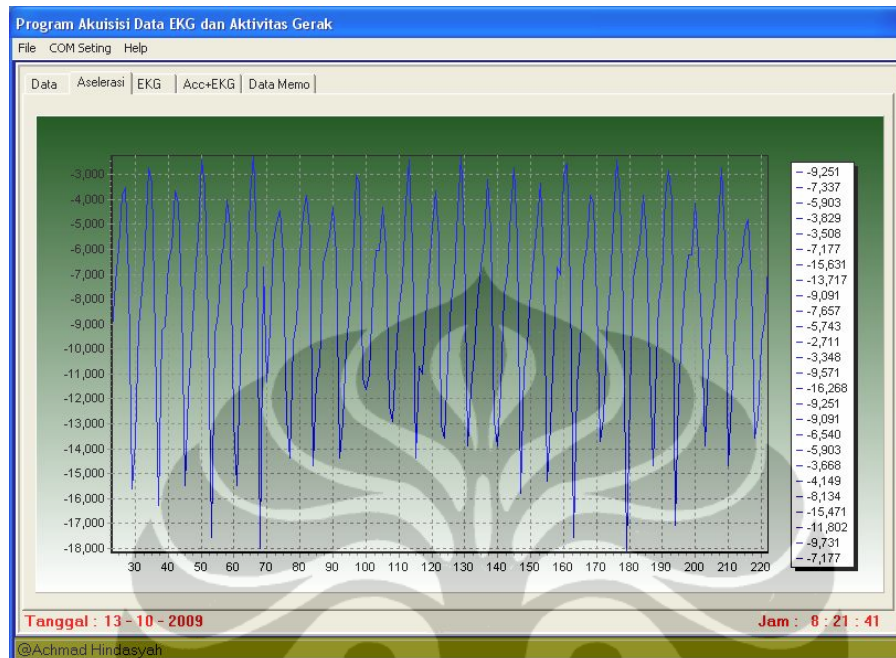


Gambar 4.6. Tampilan tabel data pengukuran EKG dan aktifitas gerak

Menu **Com Setting** mempunyai sub menu yang terdiri dari **Comport** dan **Data Paket**. Sub menu **Comport** berfungsi untuk mengeset serial port COM yang digunakan sesuai dengan alamat perangkat konverter USB ke RS232 yang terdeteksi pada USB. Disamping itu pengesetan baud rate, panjang data yang akan dikirim, stop bit, paritas dan kontrol aliran data. Sub menu **Data Paket** berfungsi untuk mengeset panjang paket data yang akan diterima oleh komputer. Paket data ini terdiri dari data-data tegangan aktifitas gerak arah vertikal, tegangan EKG, tanggal dan jam.

PROGRAM EKG memiliki lima buah tampilan data yaitu Data, Aselerasi, EKG, Acc+EKG dan Data Memo. Tampilan **Data** berfungsi untuk menampilkan data pengukuran dalam bentuk tabel numerik, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.6. Tampilan **Aselerasi** berfungsi untuk menampilkan grafik data aselerasi gerak tubuh dalam arah vertikal, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.7. Tampilan **EKG** berfungsi untuk menampilkan grafik data pengukuran tegangan EKG, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.9. Tampilan **Acc+EKG** berfungsi untuk menampilkan grafik data pengukuran aselerasi gerak tubuh dalam arah vertikal dan grafik data pengukuran tegangan EKG secara bersamaan seperti diperlihatkan

pada Gambar 3.22, sedangkan **Data Memo** berfungsi untuk menampilkan data dalam bentuk memo.

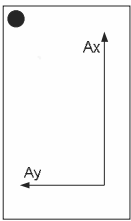
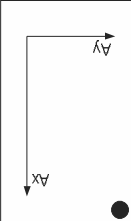




Gambar 4.7. Tampilan grafik pengukuran aktifitas gerak.

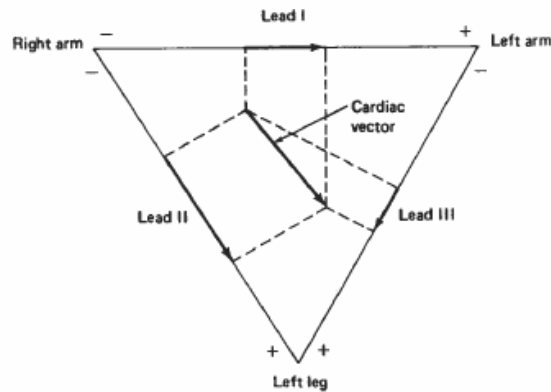
4.3 DATA PERCOBAAN

Pengukuran jumlah gerak langkah dilakukan dengan sensor ADXL202 dalam arah sumbu X sensor. Sebelum sensor ini digunakan, perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu yang bertujuan untuk memperoleh sensitivitas sensor. Kalibrasi dilakukan dengan cara membaca data tegangan yang bersesuaian dengan percepatan gravitasi yang searah dengan arah percepatan gravitasi bumi +g dan percepatan gravitasi yang berlawanan arah dengan arah percepatan gravitasi bumi -g baik untuk sumbu vertikal Ay maupun sumbu horisontal Ax. Data hasil kalibrasi sensor ADXL202 seperti diperlihatkan pada Tabel 4.3. Dari hasil ini diperoleh bahwa, untuk sensor sumbu Ax, pada saat arah sensor berlawanan dengan gravitasi bumi diperoleh tegangan sebesar 2,2412 Volt, sedangkan pada saat sensor searah dengan gravitasi bumi diperoleh tegangan sebesar 2,8418. Dengan merata-ratakan kedua hasil ini diperoleh sensitivitas sensor sebesar 0,300 Volt.

Tabel 4.3. Hasil kalibrasi dan sensitivitas sensor ADXL202

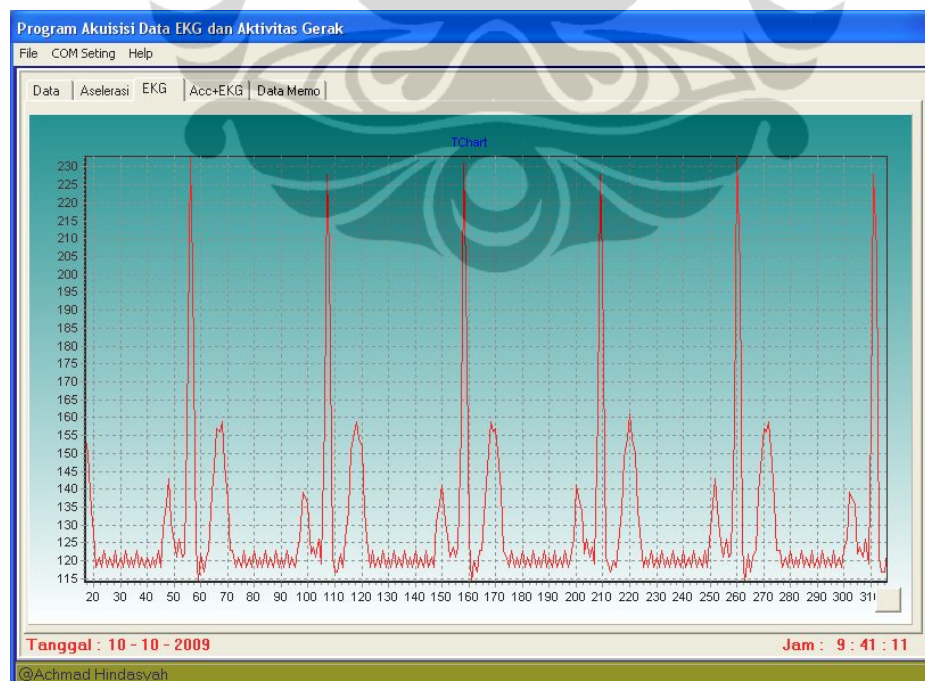
Posisi Sensor	Xfilt (Volt)	Yfilt (Volt)	Sensitivitas (Volt)
	2,2412	-	0,300
	2,8418	-	
	-	2,3242	0,295
	-	2,9150	

Begitu pula untuk sensor dalam arah vertikal A_y , diperoleh tegangan sebesar 2,3242 Volt untuk arah sensor yang berlawanan dengan percepatan gravitasi dan 2,9150 untuk arah sensor yang searah dengan percepatan gravitasi bumi. Nilai rata-rata atau sensitivitas sensor dari hasil ini sebesar 0,295 Volt. Dari hasil kalibrasi diperoleh bahwa sensitivitas sensor ADXL202 untuk arah gerak searah sumbu X bernilai 300 mVolt, sedangkan untuk arah gerak searah sumbu Y bernilai 295 mV. Hasil ini sesuai dengan spesifikasi sensor yang diberikan kecuali untuk arah sumbu Y yang memiliki koreksi +5 mVolt. Koreksi ini bisa disebabkan oleh resolusi ADC internal mikrokontroler ATmega8L yang memiliki resolusi 1 LSB atau sekitar 5 mVolt. Selanjutnya nilai kedua sensitivitas ini dimasukkan kedalam program untuk menghitung besar percepatan yang dirasa oleh sensor ADXL202.



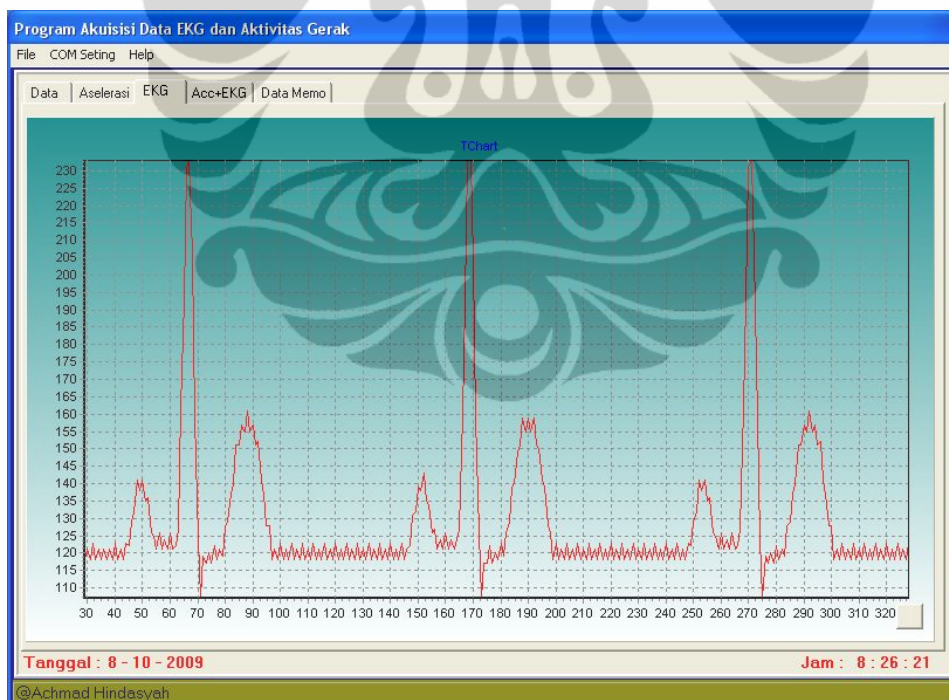
Gambar 4.8. Titik-titik pengukuran EKG

Pengukuran sinyal EKG dilakukan dalam keadaan diam dengan waktu sampling yang bervariasi yaitu 20 milidetik, 10 milidetik dan 7 milidetik. Kecepatan sampling ini cukup memadai untuk pengukuran yang bersifat pemantauan atau *monitoring* keadaan jantung yang normal. Sedangkan pengukuran EKG dalam keadaan berlari dilakukan dengan waktu sampling 10 milidetik dan tiga variasi gerak yaitu berlari normal, lebih cepat dan lebih cepat lagi. Untuk mendeteksi sinyal EKG, lead ditempatkan pada titik-titik tertentu berbentuk segitiga sesuai dengan pengukuran signal EKG yang diperkenalkan oleh Einthoven, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.9. Pengukuran EKG dengan kecepatan sampling 20 milidetik

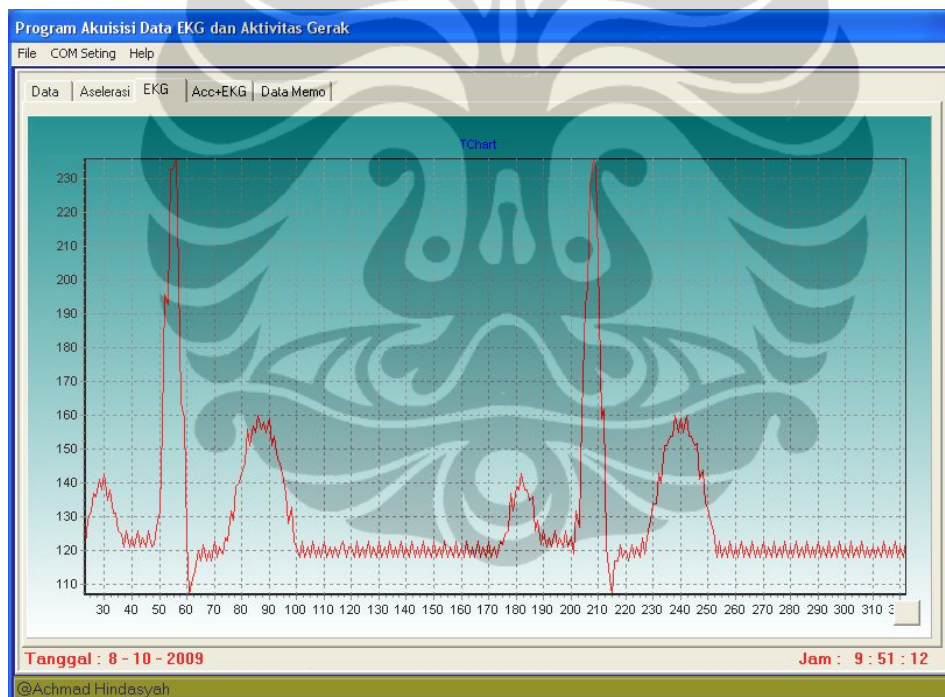
Data hasil pengukuran EKG dalam kondisi diam dengan waktu sampling 20 milidetik seperti diperlihatkan pada Gambar 4.9. Dari data ini, dengan menggunakan grafik pada Microsoft Excel, dapat dilihat bentuk gelombang P-QRS-T dan diperoleh informasi sebagai berikut: amplitudo P sebesar 25 mV, amplitudo Q sebesar 1,8% dari amplitudo R, amplitudo R sebesar 110 mV dan amplitudo T sebesar 38 mV. Disamping itu diperoleh juga interval waktu antara P-R sebesar 200 milidetik, interval waktu antara Q-T sebesar 400 milidetik, interval waktu antara S-T sebesar 240 milidetik, interval waktu antara QRS sebesar 160 milidetik, dan interval waktu antara R-R sebesar 1020 milidetik, Dengan mengetahui interval R-R ini, bisa diperoleh banyaknya denyut jantung dalam setiap menitnya yaitu sebesar 59 kali. Kecepatan sampling 20 milidetik atau 50 Hz cukup memadai pada pengukuran ini, karena frekwensi sinyal EKG yang terdeteksi paling tinggi adalah gelombang QRS sebesar 6,25 Hz atau 0,160 detik.



Gambar 4.10. Pengukuran EKG dengan kecepatan sampling 10 milidetik

Data hasil pengukuran EKG dalam kondisi diam dengan waktu sampling 10 milidetik seperti diperlihatkan pada Gambar 4.10. Dari data ini, dengan

menggunakan grafik pada Microsoft Excel, dapat dilihat bentuk gelombang P-QRS-T dan diperoleh informasi sebagai berikut: amplitudo P sebesar 20 mV, amplitudo Q sebesar 1,7% dari amplitudo R, amplitudo R sebesar 115 mV dan amplitudo T sebesar 38 mV. Disamping itu diperoleh juga interval waktu antara P-R sebesar 180 milidetik, interval waktu antara Q-T sebesar 360 milidetik, interval waktu antara S-T sebesar 230 milidetik, interval waktu antara QRS sebesar 120 milidetik, dan interval waktu antara R-R sebesar 1020 milidetik. Dengan mengetahui interval R-R bisa diperoleh banyaknya denyut jantung dalam setiap menitnya yaitu sebesar 59 kali. Kecepatan sampling 10 milidetik atau 100 Hz cukup memadai pada pengukuran ini, karena frekwensi sinyal EKG yang terdeteksi paling tinggi adalah gelombang QRS sebesar 8,3 Hz atau 0,120 detik.



Gambar 4.11. Pengukuran EKG dengan kecepatan sampling 7 milidetik

Data hasil pengukuran EKG dalam kondisi diam dengan waktu sampling 7 milidetik seperti diperlihatkan pada Gambar 4.11. Dari data ini, dengan menggunakan grafik pada Microsoft Excel, dapat dilihat bentuk gelombang P-QRS-T dan diperoleh informasi sebagai berikut: amplitudo P sebesar 20 mV, amplitudo Q sebesar 1,7% dari tinggi amplitudo R, amplitudo R sebesar 115 mV

dan amplitudo T sebesar 37 mV. Disamping itu diperoleh juga interval waktu antara P-R sebesar 189 milidetik, interval waktu antara Q-T sebesar 371 milidetik, interval waktu antara S-T sebesar 252 milidetik, interval waktu antara QRS sebesar 119 milidetik, dan interval waktu antara R-R sebesar 1071 milidetik. Dengan mengetahui interval R-R bisa diperoleh banyaknya denyut jantung dalam setiap menitnya yaitu sebesar 56 kali. Kecepatan sampling 7 milidetik atau 142 Hz cukup memadai pada pengukuran ini, karena frekwensi sinyal EKG yang terdeteksi paling tinggi adalah gelombang QRS sebesar 8,40 Hz atau 0,119 detik.

Dari hasil pengukuran EKG untuk kecepatan sampling yang berbeda ini, pengaruh kecepatan sampling terhadap amplitudo gelombang P-QRS-T diperlihatkan pada Tabel 4.4, sedangkan pengaruh kecepatan sampling terhadap interval waktu parameter gelombang P-QRS-T diperlihatkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.4. Perbandingan amplitudo gelombang P-QRS-T

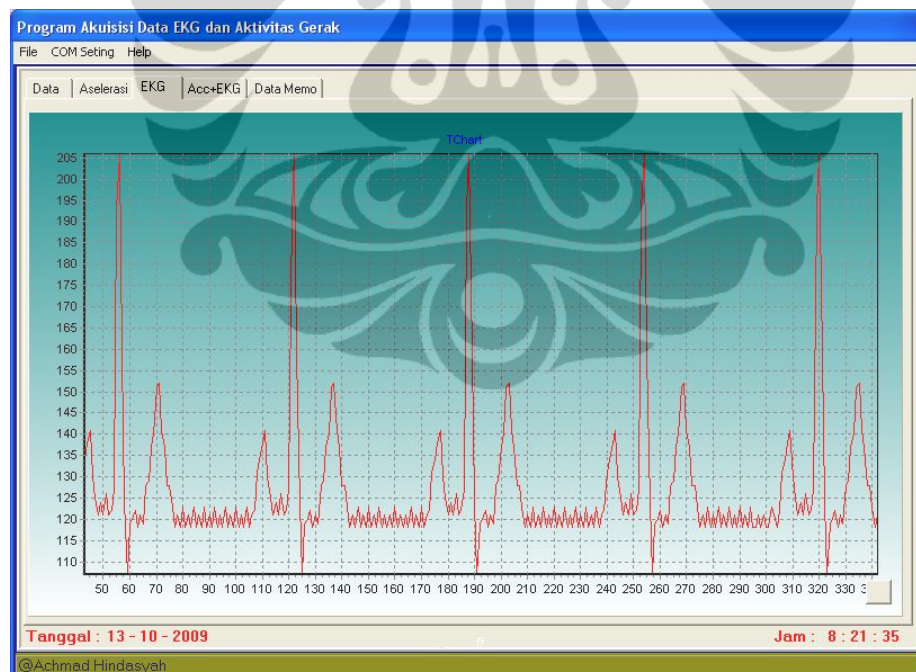
Amplitudo	Kecepatan Sampling (milidetik)		
	20	10	7
P	25 mV	20 mV	20 mV
Q	1,8% dari R	1,7% dari R	1,7% dari R
R	110 mV	115 mV	115 mV
T	38 mV	38 mV	37 mV

Dari hasil ini, amplitudo gelombang P-QRS-T yang terukur tidak terpengaruh oleh kecepatan sampling yang berarti bahwa ketiga kecepatan sampling masih cukup memadai untuk mencuplik sinyal EKG. Adanya perbedaan amplitudo bisa disebabkan karena pengaruh noise atau resolusi sistem yang dihasilkan.

Tabel 4.5. Perbandingan interval waktu gelombang P-QRS-T

Interval	Kecepatan Sampling (milidetik)		
	20	10	7
P-R	200 milidetik	180 milidetik	189 milidetik
Q-T	400 milidetik	360 milidetik	371 milidetik
S-T	240 milidetik	230 milidetik	252 milidetik
QRS	160 milidetik	120 milidetik	119 milidetik
R-R	1020 milidetik	1020 milidetik	1071 milidetik

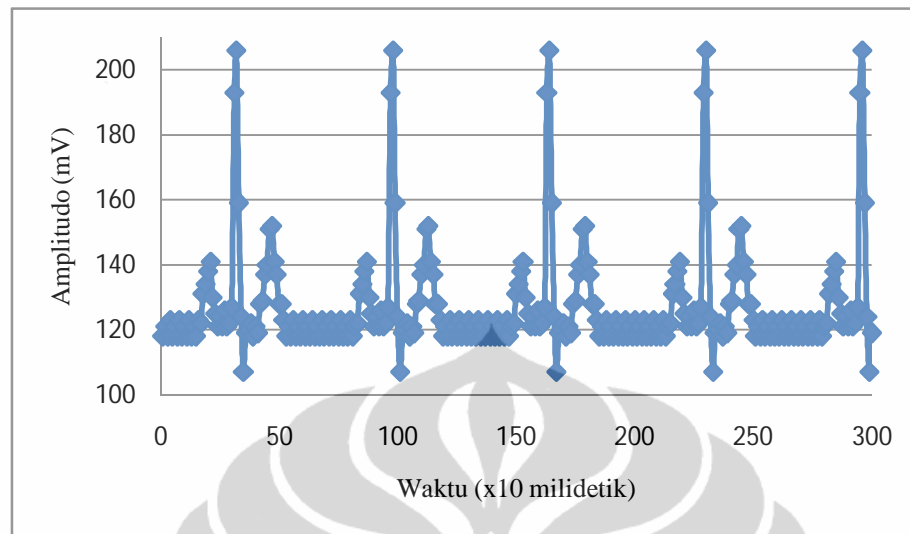
Dari hasil ini interval waktu dengan kecepatan sampling 10 milidetik lebih kecil daripada kecepatan sampling 20 milidetik, tetapi dengan kecepatan sampling 7 milidetik lebih kecil. Perbedaan interval waktu yang dihasilkan bisa disebabkan oleh kemampuan peralatan yang dibuat atau disebabkan oleh kondisi badan yang diukur berbeda karena bedanya waktu pengukuran.



Gambar 4.12. Grafik pengukuran EKG saat berlari dengan kecepatan sampling 10 milidetik.

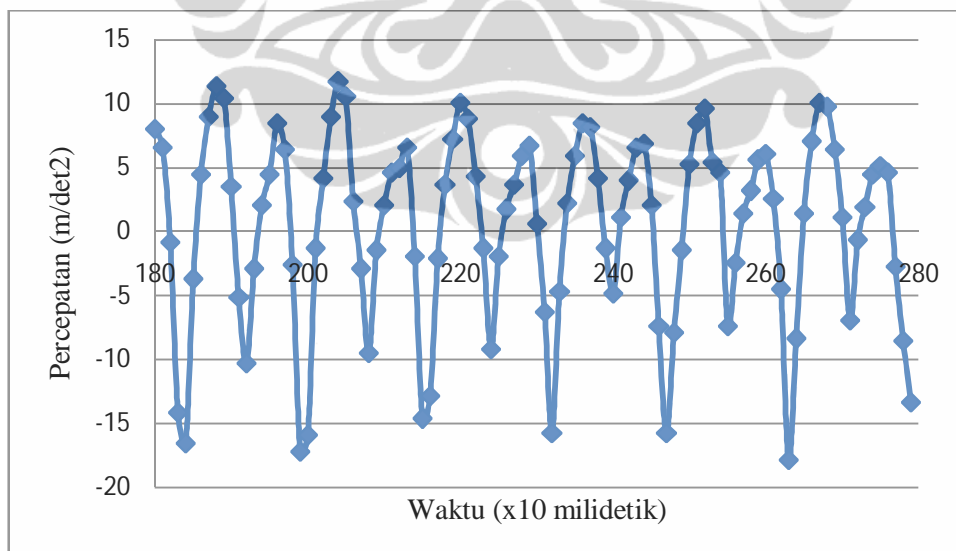
Pengukuran EKG dalam keadaan berlari dilakukan dengan kecepatan sampling 10 milidetik. Hasil pengukuran ini seperti diperlihatkan pada Gambar

4.12. Selain itu, data pengukuran EKG juga dapat ditampilkan dengan menggunakan bantuan Microsoft Excel seperti diperlihatkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13. Grafik pengukuran EKG saat berlari dengan jumlah langkah dalam satu detik sebanyak 11 kali

Grafik data EKG pada Gambar 4.13 diambil saat berlari dan mulai diambil setelah berlari satu menit. Aktifitas gerak yang terdeteksi bersamaan dengan pembacaan EKG diperlihatkan pada Gambar 4.14.

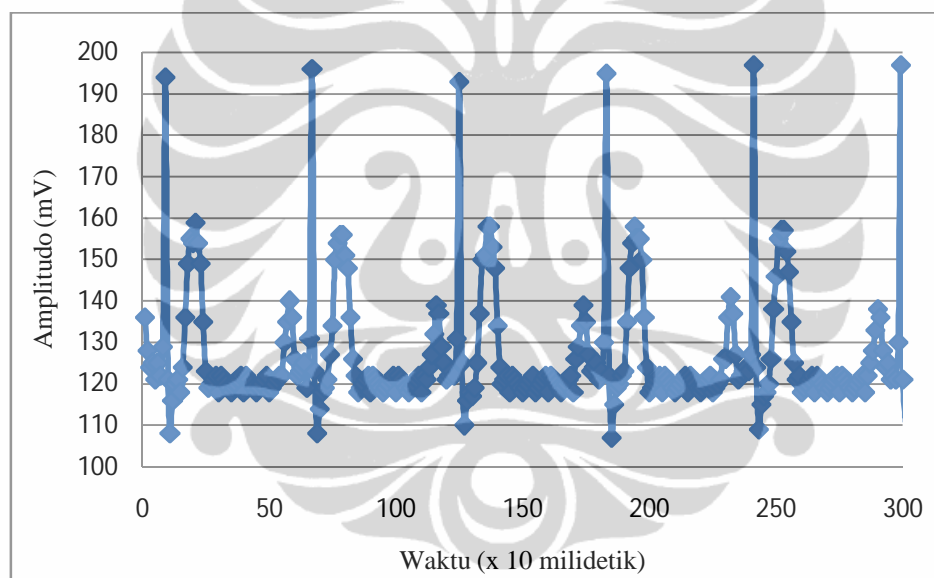


Gambar 4.14. Grafik pengukuran jumlah langkah saat berlari 11 langkah per detik

Pada Gambar 4.13, dengan menggunakan grafik pada Microsoft Excel, dapat dilihat bentuk gelombang P-QRS-T dan diperoleh informasi sebagai

berikut: amplitudo P sebesar 18 mV, amplitudo Q sebesar 2,4% dari tinggi amplitudo R, amplitudo R sebesar 83 mV dan amplitudo T sebesar 29 mV. Disamping itu diperoleh juga interval waktu antara P-R sebesar 120 milidetik, interval waktu antara Q-T sebesar 240 milidetik, interval waktu antara S-T sebesar 150 milidetik, interval waktu antara QRS sebesar 90 milidetik, dan interval waktu antara R-R sebesar 660 milidetik. Dengan mengetahui interval R-R bisa diperoleh banyaknya denyut jantung dalam setiap menitnya yaitu sebesar 91 kali. Frekwensi sinyal EKG yang terdeteksi paling tinggi adalah gelombang QRS sebesar 11,1 Hz atau 0,090 detik. Pada Gambar 4.14 diperoleh jumlah langkah yang dilakukan saat pengukuran dalam satu detik sebanyak 11 langkah.

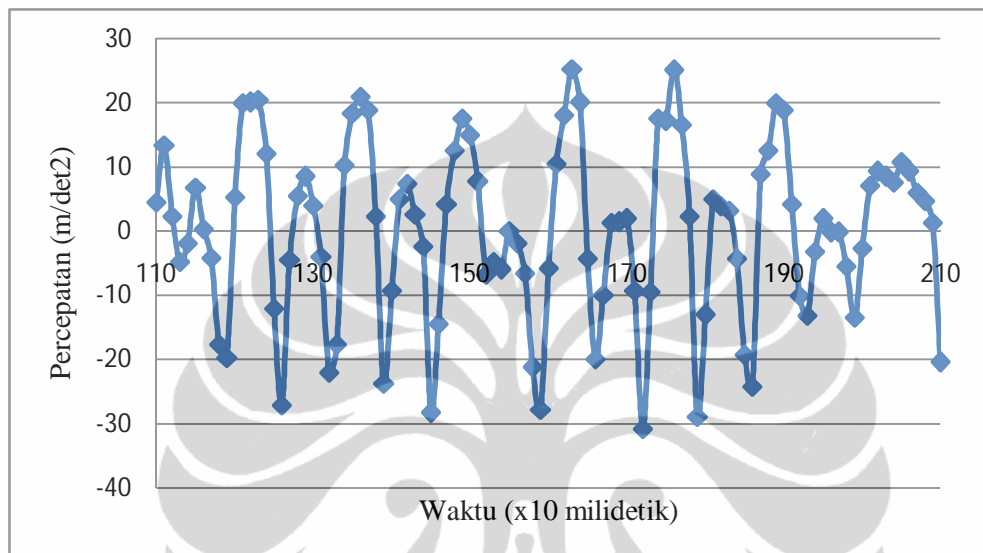
Data EKG saat berlari lebih cepat diperlihatkan pada Gambar 4.15, sedangkan data aktifitas gerak diperlihatkan pada Gambar 4.16.



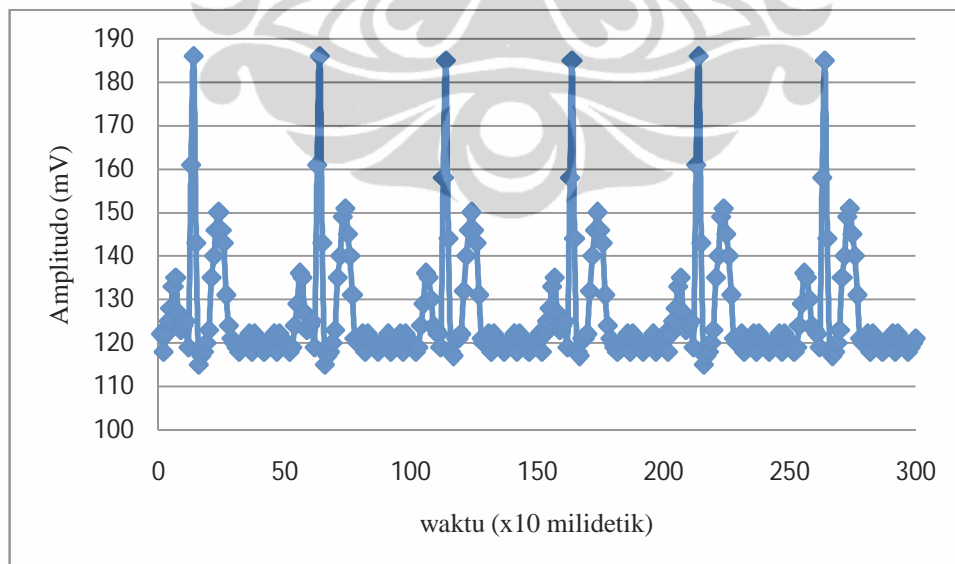
Gambar 4.15. Grafik pengukuran EKG saat berlari dengan jumlah langkah dalam satu detik sebanyak 13 kali

Grafik data EKG pada Gambar 4.15 diambil saat berlari dan mulai diambil setelah berlari satu menit. Pada Gambar 4.15, dengan menggunakan grafik pada Microsoft Excel, dapat dilihat bentuk gelombang P-QRS-T dan diperoleh informasi sebagai berikut: amplitudo P sebesar 19 mV, amplitudo Q sebesar 1,3 % dari tinggi amplitudo R, amplitudo R sebesar 75 mV dan amplitudo T sebesar 37 mV. Disamping itu diperoleh juga interval waktu antara P-R sebesar 110 milidetik, interval waktu antara Q-T sebesar 210 milidetik, interval waktu antara

S-T sebesar 130 milidetik, interval waktu antara QRS sebesar 80 milidetik, dan interval waktu antara R-R sebesar 580 milidetik. Dengan mengetahui interval R-R bisa diperoleh banyaknya denyut jantung dalam setiap menitnya yaitu sebesar 103 kali. Frekwensi sinyal EKG yang terdeteksi paling tinggi adalah gelombang QRS sebesar 12,5 Hz atau 0,080 detik. Pada Gambar 4.16 diperoleh jumlah langkah yang dilakukan saat pengukuran dalam satu detik sebanyak 13 langkah.

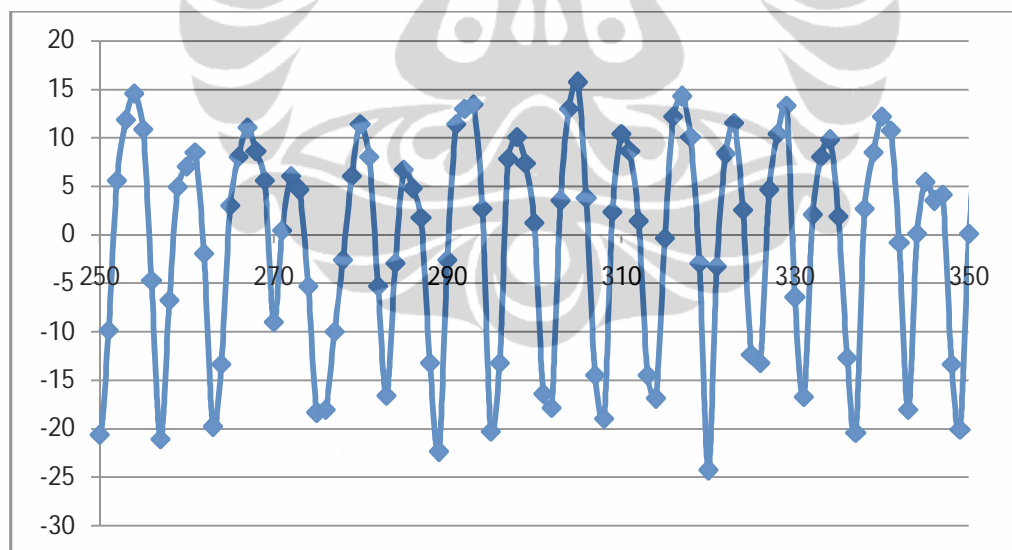


Gambar 4.16. Grafik pengukuran jumlah langkah saat berlari 13 langkah per detik



Gambar 4.17. Grafik pengukuran EKG saat berlari dengan jumlah langkah dalam satu detik sebanyak 16 kali

Data EKG saat berlari lebih cepat lagi diperlihatkan pada Gambar 4.17, sedangkan data aktifitas gerak diperlihatkan pada Gambar 4.18. Grafik data EKG dan aktifitas gerak diambil saat berlari dan mulai diambil setelah berlari satu menit. Pada Gambar 4.17, dengan menggunakan grafik pada Microsoft Excel, dapat dilihat bentuk gelombang P-QRS-T dan diperoleh informasi sebagai berikut: amplitudo P sebesar 15 mV, amplitudo Q sebesar 1,5% dari tinggi amplitudo R, amplitudo R sebesar 63 mV dan amplitudo T sebesar 28 mV. Disamping itu diperoleh juga interval waktu antara P-R sebesar 80 milidetik, interval waktu antara Q-T sebesar 180 milidetik, interval waktu antara S-T sebesar 120 milidetik, interval waktu antara QRS sebesar 60 milidetik, dan interval waktu antara R-R sebesar 500 milidetik. Dengan mengetahui interval R-R bisa diperoleh banyaknya denyut jantung dalam setiap menitnya yaitu sebesar 120 kali. Frekwensi sinyal EKG yang terdeteksi paling tinggi adalah gelombang QRS sebesar 16,7 Hz atau 0,060 detik. Pada Gambar 4.18 diperoleh jumlah langkah yang dilakukan saat pengukuran dalam satu detik sebanyak 16 langkah.



Gambar 4.18. Grafik pengukuran jumlah langkah saat berlari 16 langkah per detik

Hasil pengukuran EKG dan aktifitas gerak dalam keadaan berlari dengan kecepatan berbeda dan pengaruhnya terhadap amplitudo gelombang P-QRS-T dapat dilihat pada Tabel 4.6. Dari Tabel terlihat bahwa pengaruh kecepatan lari tidak cukup berarti pada amplitudo gelombang P-QRS-T. Amplitudo gelombang

P, Q, R menurun dengan naiknya kecepatan, sedangkan amplitudo T memiliki nilai lebih besar pada kecepatan 13 langkah per detik.

Tabel 4.6. Perbandingan amplitudo gelombang P-QRS-T dengan kecepatan lari berbeda.

Amplitudo	Kecepatan Lari (langkah/detik)		
	11	13	16
P	18 mV	19 mV	15 mV
Q	2,4% dari R	1,3% dari R	1,5% dari R
R	83 mV	75 mV	63 mV
T	29 mV	37 mV	28 mV

Hasil pengukuran EKG dan aktifitas gerak dalam keadaan berlari dengan kecepatan berbeda dan pengaruhnya terhadap interval waktu gelombang P-QRS-T dapat dilihat pada Tabel 4.7. Dari Tabel terlihat bahwa pengaruh kecepatan lari tidak cukup berarti pada amplitudo gelombang P-QRS-T. Amplitudo gelombang P, Q, R menurun dengan naiknya kecepatan, sedangkan amplitudo T memiliki nilai lebih besar pada kecepatan 13 langkah per detik.

Tabel 4.7. Perbandingan interval waktu gelombang P-QRS-T dengan kecepatan lari berbeda.

Interval	Kecepatan Lari (langkah/detik)		
	11	13	16
P-R	120 milidetik	110 milidetik	80 milidetik
Q-T	240 milidetik	210 milidetik	180 milidetik
S-T	150 milidetik	130 milidetik	120 milidetik
QRS	90 milidetik	80 milidetik	60 milidetik
R-R	660 milidetik	580 milidetik	500 milidetik
Jumlah denyut/menit	91 kali	103 kali	120 kali

Dari Tabel 4.7 terlihat bahwa kecepatan berlari berpengaruh terhadap interval waktu gelombang P-QRS-T. interval waktu untuk masing-masing parameter

berkurang dengan naiknya kecepatan lari sedangkan jumlah denyut jantung dalam satu menit bertambah dengan bertambahnya kecepatan berlari.

Untuk mengetahui tingkat presisi alat yang dibuat, dilakukan pengambilan data EKG dalam keadaan diam sebanyak 10 kali dengan kecepatan sampling 7 milidetik. Dari data ini, dengan menggunakan program Microsoft Excel, kemudian dihitung nilai rata-rata dan standar deviasi amplitudo gelombang P, Q, R dan T. Selain itu, dihitung pula nilai rata-rata dan standar deviasi interval waktu antara P-R, Q-T, S-T, QRS dan R-R. Grafik hasil pengukuran EKG sebanyak 10 kali diperlihatkan pada lampiran, sedangkan perhitungan nilai rata-rata dan standar deviasi amplitudo gelombang P-QRS-T diperlihatkan pada Tabel 4.8 dan perhitungan nilai rata-rata dan standar deviasi interval waktu parameter gelombang P-QRS-T diperlihatkan pada Tabel 4.9.

Perhitungan amplitudo dan interval waktu pada pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan bantuan grafik pada program Microsoft Excel. Dari hasil ini diperoleh bahwa perangkat instrumentasi EKG ini memiliki tingkat presisi atau kemampu-berulangan pengukuran amplitudo paling besar 4,4% terhadap rata-rata pembacaan, sedangkan untuk interval waktu parameter EKG sebesar 1,7% terhadap rata-rata pembacaan. Dengan diketahuinya tingkat presisi maka setiap pembacaan amplitudo dan interval waktu mempunyai nilai yang benar, untuk perangkat ini, diantara -4,4% dan +4,4% untuk pembacaan amplitudo dan diantara -1,7% dan +1,7% untuk pembacaan interval waktu.

Tabel 4.8. Pehitungan nilai rata-rata dan standar deviasi amplitudo dengan 10 kali pengukuran

Amplitudo	Pengukuran ke (mV)										Hasil (mV)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Rata2	Deviasi
P	21	20	19	21	21	19	20	20	19	19	19,9	0,88
Q	1,97	1,97	1,95	1,98	1,96	1,97	1,95	1,95	1,95	1,97	1,96	0,01
R	117	115	115	116	114	113	114	115	113	116	114,8	1,32
T	36	37	37	36	34	35	38	36	36	38	36,3	1,25

Tabel 4.9. Pehitungan nilai rata-rata dan standar deviasi interval waktu gelombang P-QRS-T dengan 10 kali pengukuran

Interval	Pengukuran ke (milidetik)										Hasil (milidetik)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Rata2	Deviasi
P-R	187	186	189	188	184	188	189	182	189	187	186,9	2,33
Q-T	370	368	369	371	365	367	370	368	371	369	368,8	1,87
S-T	248	250	251	249	251	252	248	248	250	249	249,6	1,43
QRS	120	118	124	119	118	122	120	118	118	121	119,8	2,04
R-R	1054	1060	1056	1063	1051	1066	1049	1053	1055	1067	1057,4	6,28



BAB V

KESIMPULAN

Perangkat sistem instrumentasi EKG dan aktivitas gerak secara wireless telah selesai dibuat. Perangkat ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras dibuat dalam tiga modul yaitu modul pengkondisi sinyal, modul mikro-transmitter dan modul USB-receiver. Modul pengkondisi sinyal terdiri dari penguat instrumentasi, penyangga tegangan, tapis lolos pita dan penaik tegangan. Modul mikro-transmitter terdiri dari mikrokontroler ATmega8L, ADXL202 sebagai sensor percepatan gerak, RTC DS3231 sebagai pewaktuan dan RF data transceiver sebagai trasmitter. Modul USB-receiver terdiri dari RF data transceiver sebagai receiver dan konverter komunikasi serial RS232 ke USB.

Perangkat lunak atau program dibuat dalam dua bagian yaitu program untuk mikrokontroler yang dibuat dengan bahasa BASCOM AVR dan program pada komputer yang dibuat dengan bahasa Borland Delphi 7. Program mikrokontroler terdiri dari program utama dan sub program. Program ini dirancang agar mikrokontroler membaca data EKG melalui ADC0 dan gerakan arah vertikal melalui ADC7 serta mengirimkan data-data tersebut ke komputer melalui RF data transceiver secara terus menerus dengan kecepatan sampling yang ditentukan. Program pada komputer, PROGRAM EKG, berfungsi untuk mengumpulkan dan menampilkan data baik dalam bentuk grafik maupun numerik.

Data pengukuran yang terdiri dari jumlah langkah yang dinyatakan dalam percepatan gerak dalam arah vertikal dan data EKG dikirim oleh mikrokontroler ke komputer secara wireless menggunakan RF data transceiver dalam bentuk paket data. Komputer menerima data tersebut dengan identifikasi paket data, menampilkannya dalam bentuk tabel dan grafik serta menyimpan data-data tersebut dalam file bertipe teks dengan ekstension *.ekg. Disamping itu, file-file ini dapat pula dibaca oleh Microsoft Excel untuk analisa lebih lanjut.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa sistem instrumentasi EKG dan aktivitas gerak secara wireless telah dapat difungsikan. Data pengukuran EKG dalam keadaan diam dapat dicuplik dengan kecepatan sampling 20 milidetik, 10

milidetik dan 7 milidetik. Dari hasil pengukuran ini diperoleh gelombang QRS aktifitas jantung dengan amplitudo maupun interval waktu parameter-parameternya yang relatif sama. Data pengukuran EKG dalam keadaan berlari dicuplik dengan kecepatan sampling 10 milidetik dan kecepatan lari yang bervariasi. Dari hasil ini terlihat bahwa denyut jantung relatif lebih cepat dibandingkan data pengukuran saat diam. Sedangkan ketika berlari denyut jantung lebih cepat jika berlari lebih cepat. Kecepatan lari diukur dari banyaknya langkah dalam satu detik.

Perangkat sistem instrumentasi EKG dan aktivitas gerak secara wireless mempunyai tingkat presisi atau kemampu-berulangan pengukuran amplitudo paling besar 4,4% terhadap rata-rata pembacaan, sedangkan untuk interval waktu parameter EKG sebesar 1,7% terhadap rata-rata pembacaan. Dengan diketahuinya tingkat presisi maka setiap pembacaan amplitudo dan interval waktu mempunyai nilai yang benar, untuk perangkat ini, diantara -4,4% dan +4,4% untuk pembacaan amplitudo dan diantara -1,7% dan +1,7% untuk pembacaan interval waktu.

Dibandingkan dengan perangkat EKG yang ada di rumah sakit pada umumnya, perangkat wireless yang dikembangkan ini memiliki kemampuan untuk dapat mendeteksi keadaan jantung seorang atlet yang sedang berlari dan menghitung jumlah langkah yang telah dilakukan oleh seorang atlet. Disamping itu, perangkat ini dapat menyimpan data ukur EKG dan aktifitas gerak dalam bentuk file teks yang dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut, atau apabila akan dikembangkan perangkat lunak yang mampu menganalisa bentuk sinyal EKG untuk memperoleh informasi penyakit atau kelainan jantung seorang pasien maka program ini telah dapat memberikan datanya. Untuk pengembangan lebih lanjut, seperti penambahan lead, sensor oximetri atau pengayaan data informasi pasien lainnya, sistem ini telah menyediakan port masukan ADC tiga buah dan RTC serta komunikasi serial dua arah yang langsung dapat digunakan.

DAFTAR REFERENSI

- Aston, R. (1991). *Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement*, Maxwell Macmillan Publishing, Singapore.
- Arthur B. Williams & Fred J. Taylor (1988), *Electronic Filter Design Handbook*, McGraw-Hill.
- Albert Paul Malvino (1999), *Electronic Principle*, McGraw – Hill.
- Agus Bejo (2008), *C&AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535*, Graha Ilmu.
- Albert D. Helfrick & William D. Cooper (1992), *Modern Electronic Instrumentation and Measurement Techniques*, Prentice-Hall of India.
- Bronzino, J.D. (1995), *The Biomedical Engineering Handbook*, CRC Press & IEEE Press, Florida.
- Grzegorz Sapota & Zygmunt Wrobel (2004), *The EKG Signal Measurement and Influence of Alpine Conditions on Heart Action*, Journal of Medical Informatics & Technologies Vol. 7/2004, ISSN 1642-6037 .
- Gayakwad, R. A. (1993). *Op-Amp and Linear Integrated Circuit*. Prentice –Hall, Inc., New Jersey.
- Henry Feldman (1999), *A Guide to Reading and Understanding the EKG*, <http://endeavor.med.nyu.edu/student-org/erclub/ekghome.html>
- John G. Webster, Editor (1998), *Medical Instrumentation Application and Design*, John Wiley & Sons, Inc.

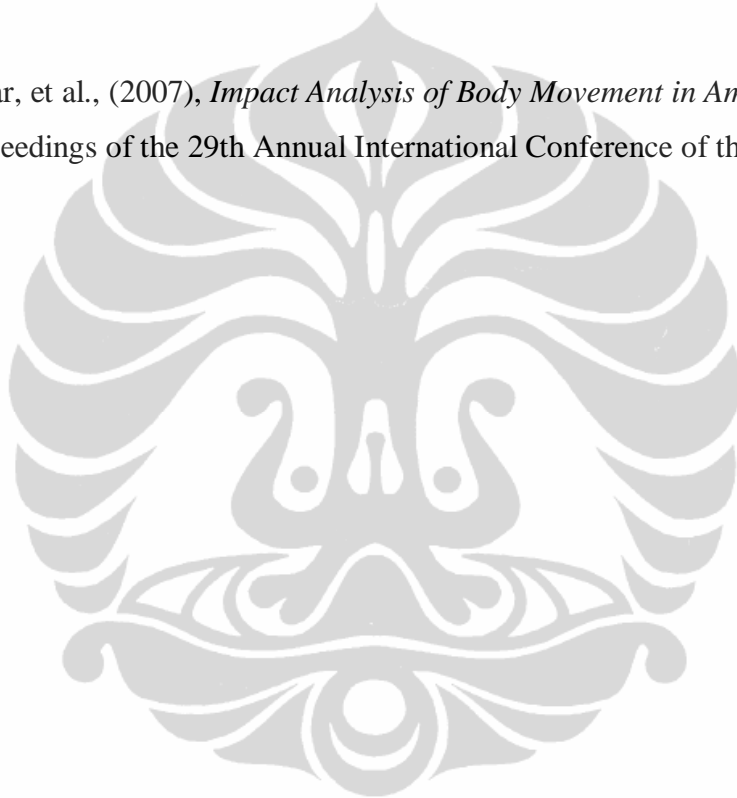
Kadir, A.(2001). Dasar Pemrograman Delphi 5.0. Andi, Yogyakarta.

Murugavel Raju (September 2007), *Heart-Rate and EKG Monitor Using the MSP430FG439*, Application Report Texas Instruments.

National Semiconductor, 1995. National Data Acquisition Databook. California.

Sutrisno (1986), *Elektronika Teori dan Penerapannya*, ITB Bandung.

Tanmay Pawar, et al., (2007), *Impact Analysis of Body Movement in Ambulatory ECG*, Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS.



LAMPIRAN 1 : PROGRAM KOMPUTER (Lanjutan)

unit finalthesis;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, Menus, ComCtrls, StdCtrls, ExtCtrls, CPort, CPortCtl, Spin,
Grids, TeEngine, Series, TeeProcs, Chart, Buttons;

type

TUtamaForm = class(TForm)
 StatusBar1: TStatusBar;
 MainMenu1: TMainMenu;
 File1: TMenuItem;
 BukaFile1: TMenuItem;
 Buka1: TMenuItem;
 Simpan1: TMenuItem;
 Keluar1: TMenuItem;
 COMSeting1: TMenuItem;
 Help1: TMenuItem;
 entangProgram1: TMenuItem;
 ProsedurOperasi1: TMenuItem;
 pSetingPort: TPanel;
 Label1: TLabel;
 ComPort1: TComPort;
 cDPaket: TComDataPacket;
 Button1: TButton;
 Label7: TLabel;
 SpinEdit1: TSpinEdit;
 Panel1: TPanel;
 Label8: TLabel;
 Label9: TLabel;
 Label11: TLabel;
 Label12: TLabel;
 DataGrafik: TPageControl;
 Data: TTabSheet;
 Grafik: TTabSheet;
 strg: TStringGrid;
 Panel2: TPanel;
 Panel3: TPanel;
 Button2: TButton;
 bSimpan: TButton;
 Chart1: TChart;
 Series1: TFastLineSeries;
 Button3: TButton;
 Panel5: TPanel;
 TabSheet1: TTabSheet;
 TabSheet2: TTabSheet;

LAMPIRAN 1 : PROGRAM KOMPUTER (Lanjutan)

```
Chart2: TChart;  
Series2: TFastLineSeries;  
Chart3: TChart;  
Series4: TFastLineSeries;  
comset: TMenuItem;  
DataPaket1: TMenuItem;  
Panel6: TPanel;  
bBuka: TButton;  
OpenDialog1: TOpenDialog;  
SaveDialog1: TSaveDialog;  
Label4: TLabel;  
Label5: TLabel;  
Label6: TLabel;  
TabSheet3: TTabSheet;  
Memo1: TMemo;  
Panel9: TPanel;  
Label10: TLabel;  
Edit1: TEdit;  
SpeedButton1: TSpeedButton;  
SpeedButton2: TSpeedButton;  
SpeedButton3: TSpeedButton;  
Chart4: TChart;  
SpeedButton4: TSpeedButton;  
Series3: TFastLineSeries;  
Series5: TFastLineSeries;  
procedure Keluar1Click(Sender: TObject);  
procedure Button1Click(Sender: TObject);  
procedure FormCreate(Sender: TObject);  
procedure Button2Click(Sender: TObject);  
procedure ComPort1AfterClose(Sender: TObject);  
procedure ComPort1AfterOpen(Sender: TObject);  
procedure Button3Click(Sender: TObject);  
procedure cDPaketPacket(Sender: TObject; const Strr: String);  
procedure comsetClick(Sender: TObject);  
procedure DataPaket1Click(Sender: TObject);  
procedure bSimpanClick(Sender: TObject);  
procedure Simpan>Nama:string);  
procedure bBukaClick(Sender: TObject);  
procedure Baca>Nama:string);  
procedure BukaFile1Click(Sender: TObject);  
procedure SpeedButton1Click(Sender: TObject);  
procedure SpeedButton2Click(Sender: TObject);  
procedure SpeedButton3Click(Sender: TObject);  
  
private  
  { Private declarations }  
  tanggal, jam : string[8];
```

LAMPIRAN 1 : PROGRAM KOMPUTER (Lanjutan)

```
accx, accy, ekg, gaccx, gaccy, gacc : string[6];
accxx, accyy, accxxx, accyyy, ekgg, acc : real;
i, a : integer;

public
  { Public declarations }
end;

var
  UtamaForm: TUtamaForm;

implementation

  {$R *.dfm}

  procedure TUtamaForm.Keluar1Click(Sender: TObject);
  begin
    Application.Terminate;
  end;

  procedure TUtamaForm.Button1Click(Sender: TObject);
  begin
    With cDPaket Do
      Begin
        CaseInsensitive := true;
        IncludeStrings := true;
        StartString := '$';
        StopString := '*';
        Size := spinedit1.Value;
      End;

      pSetingPort.Visible := False;
    end;

  procedure TUtamaForm.FormCreate(Sender: TObject);
  var
    aa, bariss : integer;
  begin
    i := 0;
    a := 0;
    With cDPaket Do
      Begin
        CaseInsensitive := true;
        IncludeStrings := true;
        StartString := '$';
        StopString := '*';
        Size := spinedit1.Value;
      End;
```

LAMPIRAN 1 : PROGRAM KOMPUTER (Lanjutan)

```
pSetingPort.Visible := False;  
panel9.Hide;  
end;
```

```
procedure TUtamaForm.Button2Click(Sender: TObject);  
begin  
  if ComPort1.Connected then  
    ComPort1.Close  
  else  
    ComPort1.Open;  
end;
```

```
procedure TUtamaForm.ComPort1AfterClose(Sender: TObject);  
begin  
  if Button2 <> nil then  
    Button2.Caption := 'Mulai';  
end;
```

```
procedure TUtamaForm.ComPort1AfterOpen(Sender: TObject);  
begin  
  Button2.Caption := 'Berhenti';  
end;
```

```
procedure TUtamaForm.Button3Click(Sender: TObject);  
begin  
  application.Terminate;  
end;
```

```
procedure TUtamaForm.cDPaketPacket(Sender: TObject; const Strr: String);  
var  
  fname : string;  
  SimpanFile : textfile;  
begin  
  ekg := copy(strr,2,6);  
  accx := copy(strr,9,6);  
  accy := copy(strr,16,6);  
  jam := copy(strr,23,8);  
  tanggal := copy(strr,32,8);
```

```
  label9.Caption := tanggal;  
  label12.Caption := jam;
```

```
  ekgg := strtfloat(ekg);  
  accxx := strtfloat(accx);  
  accyy := strtfloat(accy);  
  accxxx := ((accxx-2.188)/0.300)*9.872;  
  accyyy := ((accyy-2.5)/0.295)*9.872;  
  acc := sqrt(sqrt(accxxx)+sqrt(accyyy));
```

LAMPIRAN 1 : PROGRAM KOMPUTER (Lanjutan)

```
gaccx := floattostr(accxxx);
gaccy := floattostr(accyyy);
gacc := floattostr(acc);

label4.Caption := gacc;

with strg do
begin
  Cells[0,a] := jam;
  Cells[1,a] := accx;
  Cells[2,a] := accy;
  Cells[3,a] := ekg;
  Cells[4,a] := gaccx;
  Cells[5,a] := gaccy;
  Cells[6,a] := gacc;
end;

series1.AddXY(i, accxxx, ", clteecolor);
series5.AddXY(i, accyyy, ", clteecolor);
series2.AddXY(i, ekgg, ", clteecolor);
series3.AddXY(i, ekgg, ", clteecolor);
series4.AddXY(i, acc, ", clteecolor);

if i >= 100 then
begin
  series1.delete(0);
  series2.delete(0);
  series3.delete(0);
  series4.delete(0);
  series5.delete(0);
end;

i := i + 1;
a := a + 1;
if a = strg.RowCount then
begin
  a := 0;
end;

memo1.Lines.Add({jam+ ' ' +}accx+ ' ' +accy+ ' ' +ekg+ ' ' +gaccx+
'+gaccy+ ' ' +gacc);

fname := edit1.Text;
AssignFile(SimpanFile, fname);
Rewrite(SimpanFile);
Writeln(SimpanFile, memo1.text);
closefile(SimpanFile);
```

LAMPIRAN 1 : PROGRAM KOMPUTER (Lanjutan)

```
end;

procedure TUtamaForm.comsetClick(Sender: TObject);
begin
  comport1.ShowSetupDialog;
end;

procedure TUtamaForm.DataPaket1Click(Sender: TObject);
begin
  pSetingPort.Visible := True;
end;

procedure TUtamaForm.bSimpanClick(Sender: TObject);
var
  files : string;
begin
  if savedialog1.Execute then files:=savedialog1.FileName;
  Simpan(files);
end;

procedure TUtamaForm.Simpan>Nama:string);
var
  ID : integer;
  output : textfile;
begin
  try
    assignfile(output,nama);
    rewrite(output);
    writeln(output,label9.caption);
    writeln(output,label12.caption);
    for ID:= 0 to strg.RowCount do
      begin
        writeln(output,strg.cells[0,ID]);
        writeln(output,strg.cells[1,ID]);
        writeln(output,strg.cells[2,ID]);
        writeln(output,strg.cells[3,ID]);
        writeln(output,strg.cells[4,ID]);
        writeln(output,strg.cells[5,ID]);
        writeln(output,strg.cells[6,ID]);
      end;
    closefile(output);
  except
    on EInOutError do
      showmessage('Data tidak tersimpan...');
  end;
end;
```


LAMPIRAN 1 : PROGRAM KOMPUTER (Lanjutan)

```
procedure TUtamaForm.bBukaClick(Sender: TObject);
var
  files : string;
begin
  if opendialog1.Execute then files:=opendialog1.FileName;
  Baca(files);
end;

procedure TUtamaForm.Baca(nama:string);
var
  ID, datajml : integer;
  input : textfile;
  tgl, jam, jmlData : string;
  waktu, Vaccx, Vaccy, Vekg, Gaccx, Gaccy, Gacc : array [1..20000] of string;
begin
try
  assignfile(input, nama);
  reset(input);
  readln(input,jmlData);
  readln(input,tgl);
  readln(input,jam);
  datajml := strtoint(jmlData);
  for ID:=0 to datajml do
  begin
    readln(input,waktu[ID]);
    readln(input,Vaccx[ID]);
    readln(input,Vaccy[ID]);
    readln(input,Vekg[ID]);
    readln(input,Gaccx[ID]);
    readln(input,Gaccy[ID]);
    readln(input,Gacc[ID]);
  end;
  label19.Caption := tgl;
  label12.Caption := jam;
  strg.RowCount := datajml;

  for ID:= 0 to strg.RowCount do
  begin
    strg.Cells[0,ID] := waktu[ID];
    strg.Cells[1,ID] := Vaccx[ID];
    strg.Cells[2,ID] := Vaccy[ID];
    strg.Cells[3,ID] := Vekg[ID];
    strg.Cells[4,ID] := Gaccx[ID];
    strg.Cells[5,ID] := Gaccy[ID];
    strg.Cells[6,ID] := Gacc[ID];
```

LAMPIRAN 1 : PROGRAM KOMPUTER (Lanjutan)

```
end;

closefile(input);
except
on EInOutError do
showmessage('data belum diisi');
end;
end;

procedure TUtamaForm.BukaFile1Click(Sender: TObject);
begin
    panel9.Show;
end;

procedure TUtamaForm.SpeedButton1Click(Sender: TObject);
begin
    panel9.Hide;
end;

procedure TUtamaForm.SpeedButton2Click(Sender: TObject);
begin
    if ComPort1.Connected then
        ComPort1.Close
    else
        ComPort1.Open;
end;

procedure TUtamaForm.SpeedButton3Click(Sender: TObject);
begin
    if ComPort1.Connected then
        ComPort1.Close
    else
        ComPort1.Open;

end;

end.
```

LAMPIRAN 2 :
Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TCXO/Crystal (lanjutan)

Rev 2, 6/05

DALLAS SEMICONDUCTOR **MAXIM**
Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

General Description

The DS3231 is a low-cost, extremely accurate I²C real-time clock (RTC) with an integrated temperature-compensated crystal oscillator (TCXO) and crystal. The device incorporates a battery input, and maintains accurate timekeeping when main power to the device is interrupted. The integration of the crystal resonator enhances the long-term accuracy of the device as well as reduces the piece-part count in a manufacturing line. The DS3231 is available in commercial and industrial temperature ranges, and is offered in a 16-pin, 300-mil SO package.

The RTC maintains seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with an AM/PM indicator. Two programmable time-of-day alarms and a programmable square-wave output are provided. Address and data are transferred serially through an I²C bidirectional bus.

A precision temperature-compensated voltage reference and comparator circuit monitors the status of V_{CC} to detect power failures, to provide a reset output, and to automatically switch to the backup supply when necessary. Additionally, the RST pin is monitored as a pushbutton input for generating a reset externally.

Applications

- Servers
- Utility Power Meters
- Telematics
- GPS

Pin Configuration appears at end of data sheet.

Features

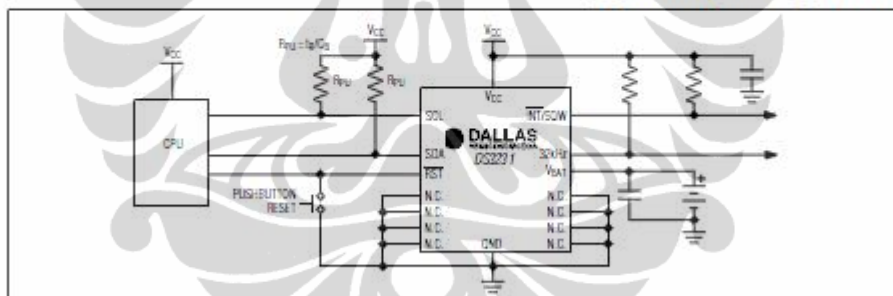
- ◆ Accuracy ±2ppm from 0°C to +40°C
- ◆ Accuracy ±3.5ppm from -40°C to +85°C
- ◆ Battery Backup Input for Continuous Timekeeping
- ◆ Operating Temperature Ranges
Commercial: 0°C to +70°C
Industrial: -40°C to +85°C
- ◆ Low-Power Consumption
- ◆ Real-Time Clock Counts Seconds, Minutes, Hours, Day, Date, Month, and Year with Leap Year Compensation Valid Up to 2100
- ◆ Two Time-of-Day Alarms
- ◆ Programmable Square-Wave Output
- ◆ Fast (400kHz) I²C Interface
- ◆ 3.3V Operation
- ◆ Digital Temp Sensor Output: ±3°C Accuracy
- ◆ Register for Aging Trim
- ◆ RST Input/Output
- ◆ UL Recognized

Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	TOP MARK
DS3231S	0°C to +70°C	16 SO	DS3231
DS3231SN	-40°C to +85°C	16 SO	DS3231N
DS3231S+	0°C to +70°C	16 SO	DS3231+
DS3231SN+	-40°C to +85°C	16 SO	DS3231N+

+Denotes lead-free

Typical Operating Circuit



Purchase of I²C components from Maxim Integrated Products, Inc., or one of its sublicensed Associate Companies, conveys a license under the Philips I²C Patent Rights to use these components in an I²C system, provided that the system conforms to the I²C Standard Specification as defined by Philips.

Detailed Description

The DS3231 is a serial RTC driven by a temperature-compensated 32kHz crystal oscillator. The TCXO provides a stable and accurate reference clock, and maintains the RTC to within ±2 minutes per year accuracy from -40°C to +85°C. The TCXO frequency output is available at the 32kHz pin. The RTC is a low-power clock/calendar with two programmable time-of-day alarms and a programmable square-wave output. The INT/SQW provides either an interrupt signal due to alarm conditions or a square-wave output. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date,

month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with an AM/PM indicator. The internal registers are accessible through an I²C bus interface.

A temperature-compensated voltage reference and comparator circuit monitors the level of V_{CC} to detect power failures and to automatically switch to the backup supply when necessary. The RST pin provides an external pushbutton function and acts as an indicator of a power-fail event.

Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TCXO/Crystal (lanjutan)

Operation

The block diagram shows the main elements of the DS3231. The eight blocks can be grouped into four functional groups: TCXO, power control, pushbutton function, and RTC. Their operations are described separately in the following sections.

32kHz TCXO

The temperature sensor, oscillator, and control logic form the TCXO. The controller reads the output of the on-chip temperature sensor and uses a lookup table to determine the capacitance required, adds the aging correction in AGE register, and then sets the capacitance selection registers. New values, including changes to the AGE register, are loaded only when a change in the temperature value occurs, or when a user-initiated temperature conversion is completed. The temperature is read on initial application of VCC and once every 64 seconds afterwards.

Power Control

This function is provided by a temperature-compensated voltage reference and a comparator circuit that monitors the VCC level. When VCC is greater than VPF, the part is powered by VCC. When VCC is less than VPF but greater than VBAT, the DS3231 is powered by VCC. If VCC is less than VPF and is less than VBAT, the device is powered by VBAT. See Table 1.

Table 1. Power Control

SUPPLY CONDITION	POWERED BY
VCC < VPF, VCC < VBAT	VBAT
VCC < VPF, VCC > VBAT	VCC
VCC > VPF, VCC < VBAT	VCC
VCC > VPF, VCC > VBAT	VCC

To preserve the battery, the first time VBAT is applied to the device, the oscillator will not start up until VCC is applied, or until a valid I2C address is written to the part. Typical oscillator startup time is less than one second. Approximately 2 seconds after VCC is applied, or a valid I2C address is written, the device makes a temperature measurement and applies the calculated correction to the oscillator. Once the oscillator is running, it continues to run as long as a valid power source is available (VCC or VBAT), and the device continues to measure the temperature and correct the oscillator frequency every 64 seconds.

Pushbutton Reset Function

The DS3231 provides for a pushbutton switch to be connected to the RST output pin. When the DS3231 is not in a reset cycle, it continuously monitors the RST signal for a low going edge. If an edge transition is detected, the DS3231 debounces the switch by pulling the RST low. After the internal timer has expired (PBDG), the DS3231 continues to monitor the RST line. If the line is still low, the DS3231 continuously monitors the line looking for a rising edge. Upon detecting release, the DS3231 forces the RST pin low and holds it low for tRST.

The same pin, RST, is used to indicate a power-fail condition. When VCC is lower than VPF, an internal power-fail signal is generated, which forces the RST pin low. When VCC returns to a level above VPF, the RST pin is held low for approximately 250ms (tREC) to allow the power supply to stabilize. If the oscillator is not running (see the Power Control section) when VCC is applied, tREC is bypassed and RST immediately goes high.

Real-Time Clock

With the clock source from the TCXO, the RTC provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with an AM/PM indicator.

The clock provides two programmable time-of-day alarms and a programmable square-wave output. The INT/SQW pin either generates an interrupt due to alarm condition or outputs a square-wave signal and the selection is controlled by the bit INTCN.

Address Map

Figure 1 shows the address map for the DS3231 time-keeping registers. During a multibyte access, when the address pointer reaches the end of the register space (12h), it wraps around to location 00h. On an I2C START or address pointer incrementing to location 00h, the current time is transferred to a second set of registers. The time information is read from these secondary registers, while the clock may continue to run. This eliminates the need to reread the registers in case the main registers update during a read.

I2C Interface

The I2C interface is accessible whenever either VCC or VBAT is at a valid level. If a microcontroller connected to the DS3231 resets because of a loss of VCC or other event, it is possible that the microcontroller and DS3231 I2C communications could become unsynchronized, e.g., the microcontroller resets while reading data from the DS3231. When the microcontroller resets, the

DS3231 I2C interface may be placed into a known state by toggling SCL until SDA is observed to be at a high level. At that point the microcontroller should pull SDA low while SCL is high, generating a START condition.

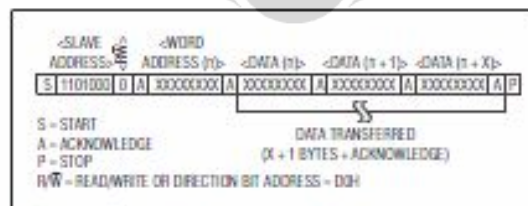


Figure 3. Slave Receiver Mode (Write Mode)

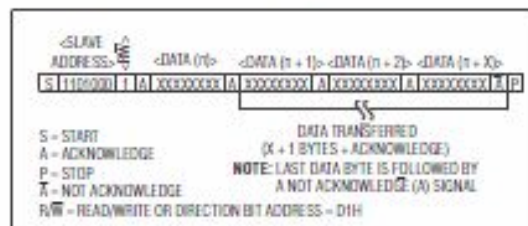

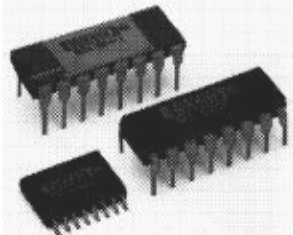


Figure 4. Slave Transmitter Mode (Read Mode)





INA102

ABRIDGED DATA SHEET
 For Complete Data Sheet
 Call Fax Line 1-800-548-6133
 Request Document Number 10523

Low Power INSTRUMENTATION AMPLIFIER

FEATURES

- LOW QUIESCENT CURRENT: 750 μ A max
- INTERNAL GAINS: 1, 10, 100, 1000
- LOW GAIN DRIFT: 5ppm/ $^{\circ}$ C max
- HIGH CMR: 90dB min
- LOW OFFSET VOLTAGE DRIFT: 2 μ V/ $^{\circ}$ C max
- LOW OFFSET VOLTAGE: 100 μ V max
- LOW NONLINEARITY: 0.01% max
- HIGH INPUT IMPEDANCE: 10¹⁰ Ω

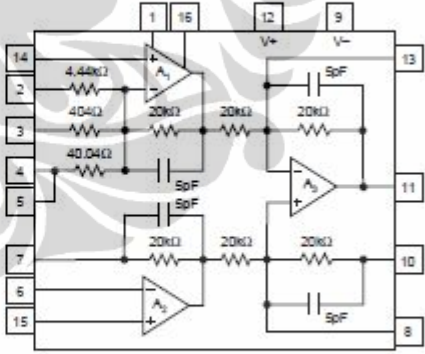
APPLICATIONS

- AMPLIFICATION OF SIGNALS FROM SOURCES SUCH AS:
Strain Gages (Weigh Scale Applications)
Thermocouples
Bridge Transducers
- REMOTE TRANSDUCER AMPLIFIER
- LOW-LEVEL SIGNAL AMPLIFIER
- MEDICAL INSTRUMENTATION
- MULTICHANNEL SYSTEMS
- BATTERY POWERED EQUIPMENT

DESCRIPTION

The INA102 is a high-accuracy monolithic instrumentation amplifier designed for signal conditioning applications where low quiescent power is desired. On-chip thin-film resistors provide excellent temperature and stability performance. State-of-the-art laser-trimming technology insures high gain accuracy and common-mode rejection while avoiding expensive external components. These features make the INA102 ideally suited for battery-powered and high-volume applications.

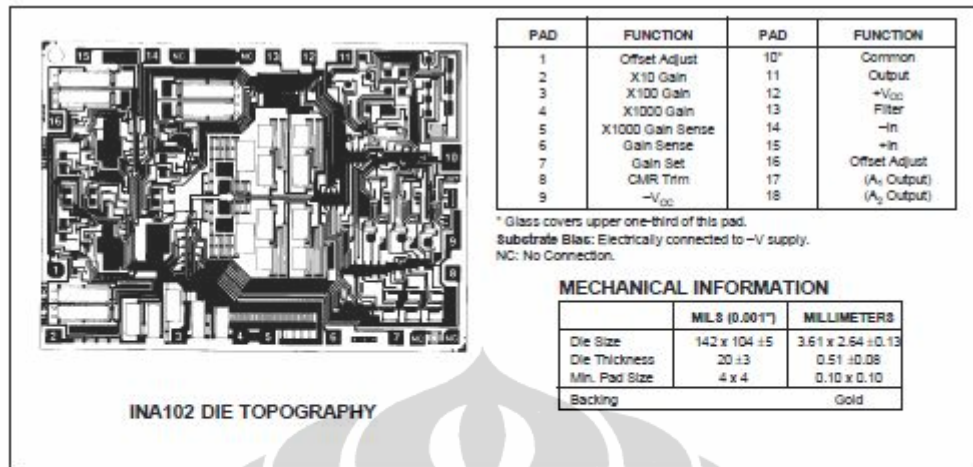
The INA102 is also convenient to use. A gain of 1, 10, 100, or 1000 may be selected by simply strapping the appropriate pins together. A gain drift of 5ppm/ $^{\circ}$ C in low gains can then be achieved without external adjustment. When higher-than-specified CMR is required, CMR can be trimmed using the pins provided. In addition, balanced filtering can be accomplished in the output stage.



International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11400 • Tucson, AZ 85734 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd. • Tucson, AZ 85706
 Tel: (520) 746-1111 • Tlx: 910 652-1111 • Cable: BURCORP • Telex: 066-6491 • FAX: (520) 889-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-6132

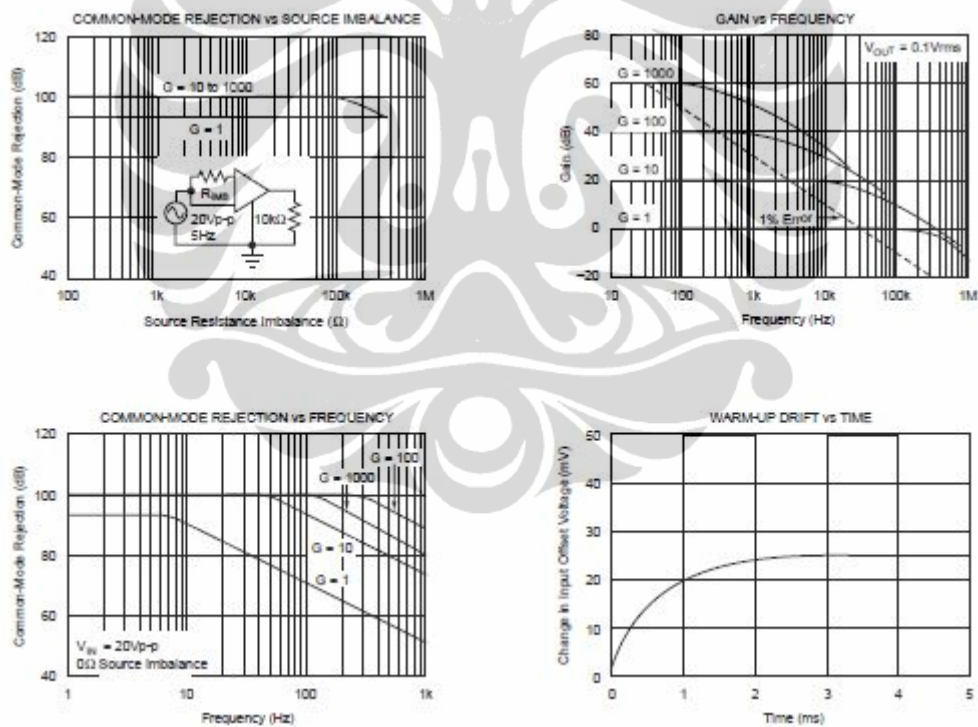
Rancang bangun..., Achmad Hindasyah, FMIPA UI, 2009.

LAMPIRAN 5 : PENGUAT INSTRUMENTASI (lanjutan)



TYPICAL PERFORMANCE CURVES

At +25°C and in circuit of Figure 2 unless otherwise noted.



LAMPIRAN 5 : PENGUAT INSTRUMENTASI (lanjutan)

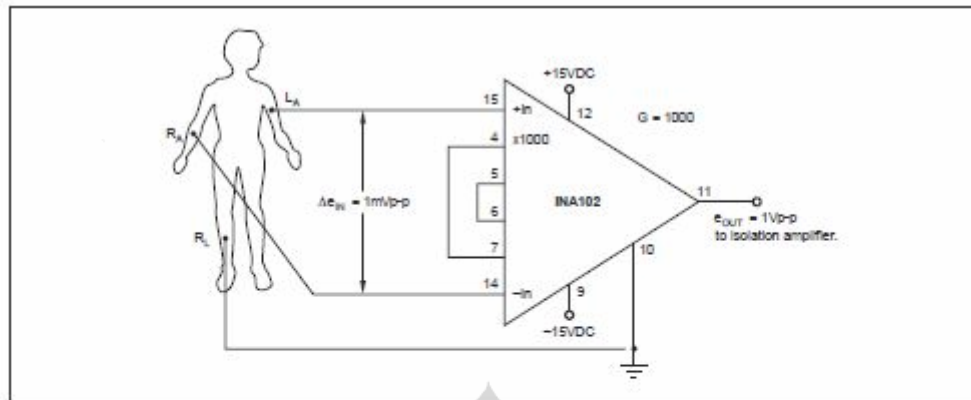


FIGURE 8. ECG Amplifier or Recorder Preamp for Biological Signals.

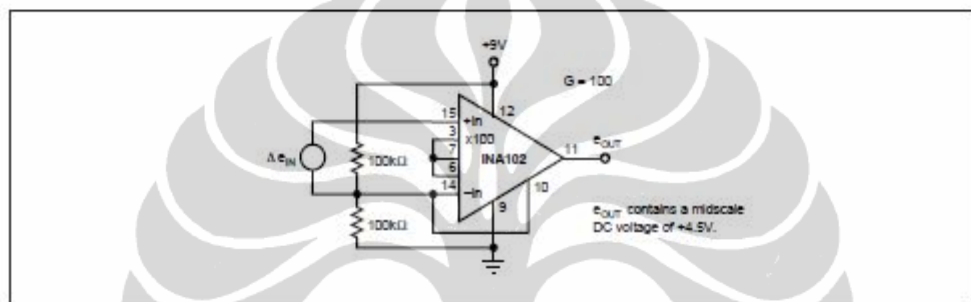


FIGURE 9. Single Supply Low Power Instrumentation Amplifier.

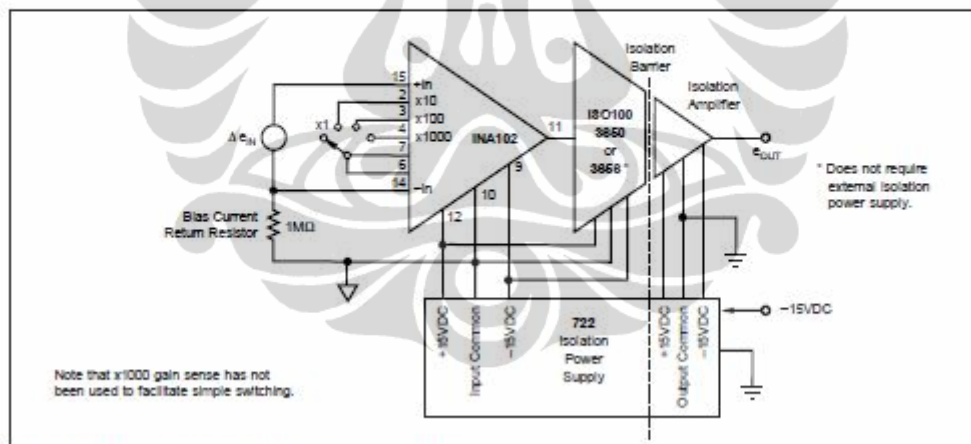


FIGURE 10. Precision Isolated Instrumentation Amplifier.



Low Cost $\pm 2g/\pm 10g$ Dual Axis iMEMS[®] Accelerometers with Digital Output

ADXL202/ADXL210

FEATURES

- 2-Axis Acceleration Sensor on a Single IC Chip
- Measures Static Acceleration as Well as Dynamic Acceleration
- Duty Cycle Output with User Adjustable Period
- Low Power < 0.6 mA
- Faster Response than Electrolytic, Mercury or Thermal Tilt Sensors
- Bandwidth Adjustment with a Single Capacitor Per Axis
- 5 mg Resolution at 60 Hz Bandwidth
- +3 V to +5.25 V Single Supply Operation
- 1000 g Shock Survival

APPLICATIONS

- 2-Axis Tilt Sensing
- Computer Peripherals
- Inertial Navigation
- Seismic Monitoring
- Vehicle Security Systems
- Battery Powered Motion Sensing

GENERAL DESCRIPTION

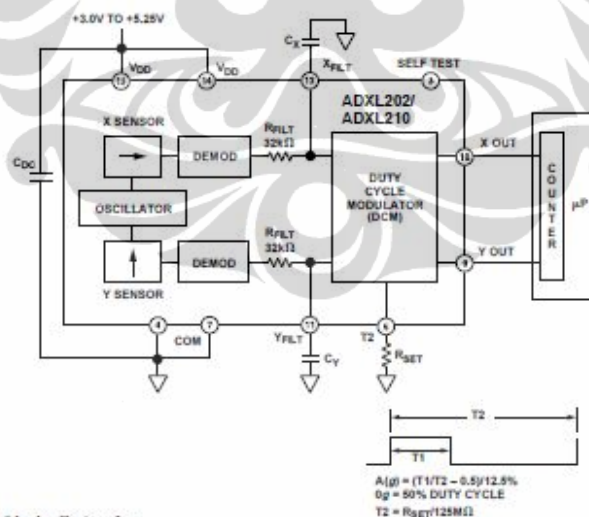
The ADXL202/ADXL210 are low cost, low power, complete 2-axis accelerometers with a measurement range of either $\pm 2g/\pm 10g$. The ADXL202/ADXL210 can measure both dynamic acceleration (e.g., vibration) and static acceleration (e.g., gravity).

The outputs are digital signals whose duty cycles (ratio of pulse-width to period) are proportional to the acceleration in each of the 2 sensitive axes. These outputs may be measured directly with a microprocessor counter, requiring no A/D converter or glue logic. The output period is adjustable from 0.5 ms to 10 ms via a single resistor (R_{SET}). If a voltage output is desired, a voltage output proportional to acceleration is available from the X_{FILT} and Y_{FILT} pins, or may be reconstructed by filtering the duty cycle outputs.

The bandwidth of the ADXL202/ADXL210 may be set from 0.01 Hz to 5 kHz via capacitors C_X and C_Y . The typical noise floor is $500 \mu g/\sqrt{Hz}$ allowing signals below 5 mg to be resolved for bandwidths below 60 Hz.

The ADXL202/ADXL210 is available in a hermetic 14-lead Surface Mount CERPAK, specified over the $0^\circ C$ to $+70^\circ C$ commercial or $-40^\circ C$ to $+85^\circ C$ industrial temperature range.

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



iMEMS is a registered trademark of Analog Devices, Inc.

REV. B

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781/329-4700 World Wide Web Site: <http://www.analog.com>
Fax: 781/326-8703 © Analog Devices, Inc., 1999

LAMPIRAN 4 :
Low Cost +2g/+10g Dual Axis iMEMS Accelerometer with Digital Output
(lanjutan)

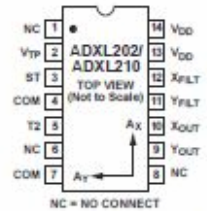
ADXL202/ADXL210

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*
 Acceleration (Any Axis, Unpowered for 0.5 ms) 1000 g
 Acceleration (Any Axis, Powered for 0.5 ms) 500 g
 +V_S -0.3 V to +7.0 V
 Output Short Circuit Duration
 (Any Pin to Common) Indefinite
 Operating Temperature -55°C to +125°C
 Storage Temperature -65°C to +150°C

*Stresses above those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only; the functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Drops onto hard surfaces can cause shocks of greater than 1000 g and exceed the absolute maximum rating of the device. Care should be exercised in handling to avoid damage.

PIN CONFIGURATION



PIN FUNCTION DESCRIPTIONS

Pin	Name	Description
1	NC	No Connect
2	V _{TP}	Test Point, Do Not Connect
3	ST	Self Test
4	COM	Common
5	T2	Connect R _{SET} to Set T2 Period
6	NC	No Connect
7	COM	Common
8	NC	No Connect
9	Y _{OUT}	Y Axis Duty Cycle Output
10	X _{OUT}	X Axis Duty Cycle Output
11	Y _{FILT}	Connect Capacitor for Y Filter
12	X _{FILT}	Connect Capacitor for X Filter
13	V _{DD}	+3 V to +5.25 V, Connect to 14
14	V _{DD}	+3 V to +5.25 V, Connect to 13

PACKAGE CHARACTERISTICS

Package	θ _{JA}	θ _{JC}	Device Weight
14-Lead CERPAK	110°C/W	30°C/W	5 Grams

ORDERING GUIDE

Model	g Range	Temperature Range	Package Description	Package Option
ADXL202JQC	±2	0°C to +70°C	14-Lead CERPAK	QC-14
ADXL202AQC	±2	-40°C to +85°C	14-Lead CERPAK	QC-14
ADXL210JQC	±10	0°C to +70°C	14-Lead CERPAK	QC-14
ADXL210AQC	±10	-40°C to +85°C	14-Lead CERPAK	QC-14

CAUTION

ESD (electrostatic discharge) sensitive device. Electrostatic charges as high as 4000 V readily accumulate on the human body and test equipment and can discharge without detection. Although the ADXL202/ADXL210 features proprietary ESD protection circuitry, permanent damage may occur on devices subjected to high energy electrostatic discharges. Therefore, proper ESD precautions are recommended to avoid performance degradation or loss of functionality.



Figure 1 shows the response of the ADXL202 to the Earth's gravitational field. The output values shown are nominal. They are presented to show the user what type of response to expect from each of the output pins due to changes in orientation with respect to the Earth. The ADXL210 reacts similarly with output changes appropriate to its scale.

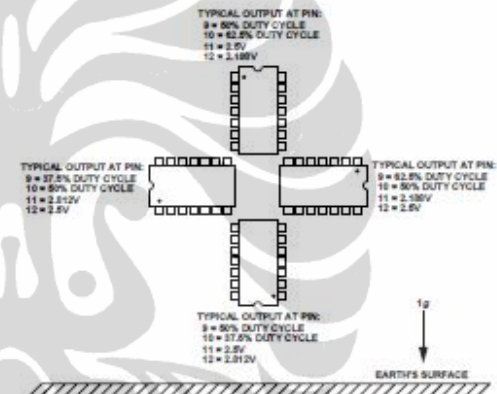


Figure 1. ADXL202/ADXL210 Nominal Response Due to Gravity

LAMPIRAN 4 :
Low Cost +2g/+10g Dual Axis iMEMS Accelerometer with Digital Output
(lanjutan)

ADXL202/ADXL210

USING THE ANALOG OUTPUT

The ADXL202/ADXL210 was specifically designed for use with its digital outputs, but has provisions to provide analog outputs as well.

Duty Cycle Filtering

An analog output can be reconstructed by filtering the duty cycle output. This technique requires only passive components. The duty cycle period (T_2) should be set to 1 ms. An RC filter with a 3 dB point at least a factor of 10 less than the duty cycle frequency is connected to the duty cycle output. The filter resistor should be no less than 100 k Ω to prevent loading of the output stage. The analog output signal will be ratiometric to the supply voltage. The advantage of this method is an output scale factor of approximately double the analog output. Its disadvantage is that the frequency response will be lower than when using the X_{FILT} , Y_{FILT} output.

X_{FILT} , Y_{FILT} Output

The second method is to use the analog output present at the X_{FILT} and Y_{FILT} pin. Unfortunately, these pins have a 32 k Ω output impedance and are not designed to drive a load directly. An op amp follower may be required to buffer this pin. The advantage of this method is that the full 5 kHz bandwidth of the accelerometer is available to the user. A capacitor still must be added at this point for filtering. The duty cycle converter should be kept running by using $R_{SET} < 10$ M Ω . Note that the accelerometer offset and sensitivity are ratiometric to the supply voltage. The offset and sensitivity are nominally:

$$\begin{aligned} 0\text{ g Offset} &= V_{DD}/2 && 2.5\text{ V at } +5\text{ V} \\ \text{ADXL202 Sensitivity} &= (60\text{ mV} \times V_S)/g && 300\text{ mV/g at } +5\text{ V, } V_{DD} \\ \text{ADXL210 Sensitivity} &= (20\text{ mV} \times V_S)/g && 100\text{ mV/g at } +5\text{ V, } V_{DD} \end{aligned}$$

USING THE ADXL202/ADXL210 IN VERY LOW POWER APPLICATIONS

An application note outlining low power strategies for the ADXL202/ADXL210 is available. Some key points are presented here. It is possible to reduce the ADXL202/ADXL210's average current from 0.6 mA to less than 20 μ A by using the following techniques:

1. Power Cycle the accelerometer.
2. Run the accelerometer at a Lower Voltage, (Down to 3 V).

Power Cycling with an External A/D

Depending on the value of the X_{FILT} capacitor, the ADXL202/ADXL210 is capable of turning on and giving a good reading in 1.6 ms. Most microcontroller based A/Ds can acquire a reading in another 25 μ s. Thus it is possible to turn on the ADXL202/ADXL210 and take a reading in <2 ms. If we assume that a 20 Hz sample rate is sufficient, the total current required to take 20 samples is $2\text{ ms} \times 20\text{ samples/s} \times 0.6\text{ mA} = 24\text{ }\mu\text{A}$ average current. Running the part at 3 V will reduce the supply current from 0.6 mA to 0.4 mA, bringing the average current down to 16 μ A.

The A/D should read the analog output of the ADXL202/ADXL210 at the X_{FILT} and Y_{FILT} pins. A buffer amplifier is recommended, and may be required in any case to amplify the analog output to give enough resolution with an 8-bit to 10-bit converter.

Power Cycling When Using the Digital Output

An alternative is to run the microcontroller at a higher clock rate and put it into shutdown between readings, allowing the use of the digital output. In this approach the ADXL202/ADXL210 should be set at its fastest sample rate ($T_2 = 0.5\text{ ms}$), with a 500 Hz filter at X_{FILT} and Y_{FILT} . The concept is to acquire a reading as quickly as possible and then shut down the ADXL202/ADXL210 and the microcontroller until the next sample is needed.

In either of the above approaches, the ADXL202/ADXL210 can be turned on and off directly using a digital port pin on the microcontroller to power the accelerometer without additional components. The port should be used to switch the common pin of the accelerometer so the port pin is "pulling down."

CALIBRATING THE ADXL202/ADXL210

The initial value of the offset and scale factor for the ADXL202/ADXL210 will require calibration for applications such as tilt measurement. The ADXL202/ADXL210 architecture has been designed so that these calibrations take place in the software of the microcontroller used to decode the duty cycle signal. Calibration factors can be stored in EEPROM or determined at turn-on and saved in dynamic memory.

For low g applications, the force of gravity is the most stable, accurate and convenient acceleration reference available. A reading of the 0 g point can be determined by orientating the device parallel to the earth's surface and then reading the output.

A more accurate calibration method is to make measurements at +1 g and -1 g . The sensitivity can be determined by the two measurements.

To calibrate, the accelerometer's measurement axis is pointed directly at the earth. The +1 g reading is saved and the sensor is turned 180° to measure -1 g . Using the two readings, the sensitivity is:

$$\begin{aligned} \text{Let } A &= \text{Accelerometer output with axis oriented to } +1\text{ g} \\ \text{Let } B &= \text{Accelerometer output with axis oriented to } -1\text{ g then:} \\ \text{Sensitivity} &= [A - B]/2\text{ g} \end{aligned}$$

For example, if the +1 g reading (A) is 55% duty cycle and the -1 g reading (B) is 32% duty cycle, then:

$$\text{Sensitivity} = [55\% - 32\%]/2\text{ g} = 11.5\%/g$$

These equations apply whether the output is analog, or duty cycle.

Application notes outlining algorithms for calculating acceleration from duty cycle and automated calibration routines are available from the factory.



August 2000

LM124/LM224/LM324/LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers

LM124/LM224/LM324/LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers

General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

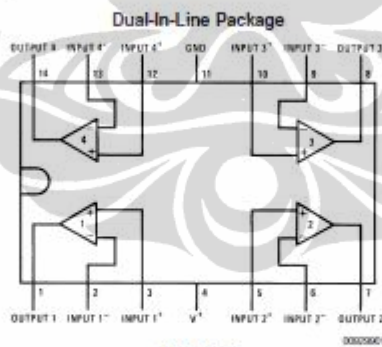
Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
Single supply 3V to 32V
or dual supplies $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very low supply current drain (700 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA (temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV and offset current: 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to $V^+ - 1.5V$

Connection Diagrams



Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883 (Note 2), LM124AJ/883 (Note 1), LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324MX, LM324AM, LM324AMX, LM2902M, LM2902MX, LM324N, LM324AN, LM324MT, LM324MTX or LM2902N LM124AJRQML and LM124AJRQMLV (Note 3)
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

LAMPIRAN 3 : Single Suply Quad Operational Amplifier LM324 (lanjutan)

LM124/LM224/LM324/LM2902

Electrical Characteristics (Continued)

on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^+ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output status will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3V$ (at $25^\circ C$).

Note 7: These specifications are limited to $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ for the LM124/LM124A. With the LM224/LM224A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$, the LM324/LM324A temperature specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$, and the LM2902 specifications are limited to $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$.

Note 8: $V_{CC} = 1.4V$, $R_{IS} = 0\Omega$ with V^+ from 5V to 30V; and over the full input common-mode range (0V to $V^+ - 1.5V$) for LM2902, V^+ from 5V to 26V.

Note 9: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

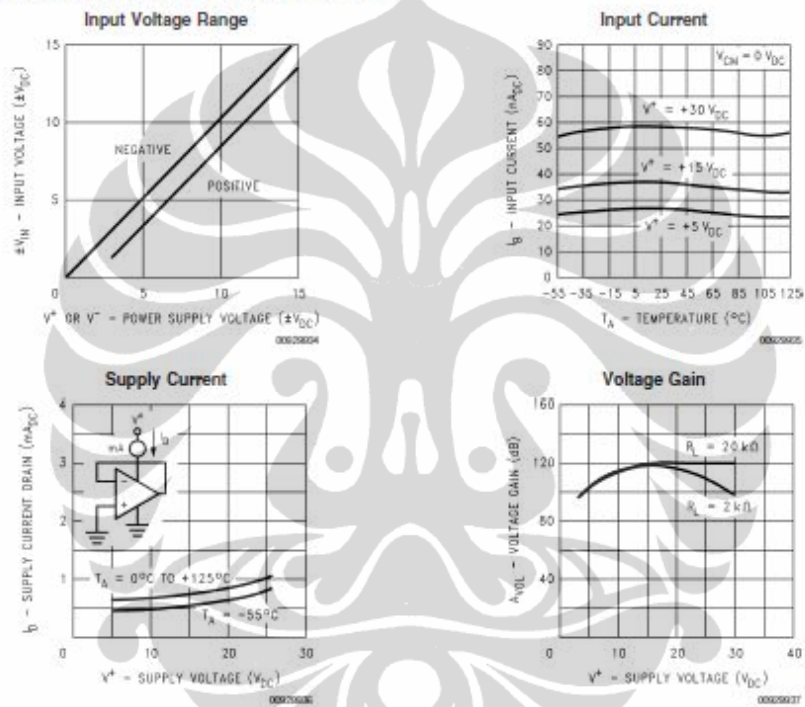
Note 10: The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than $0.3V$ (at $25^\circ C$). The upper end of the common-mode voltage range is $V^+ - 1.5V$ (at $25^\circ C$), but either or both inputs can go to $+32V$ without damage ($+26V$ for LM2902), independent of the magnitude of V^+ .

Note 11: Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

Note 12: Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124 military specifications.

Note 13: Human body model, $1.5 k\Omega$ in series with $100 pF$.

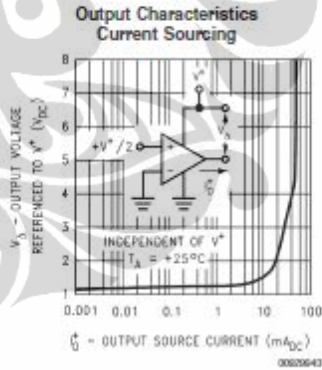
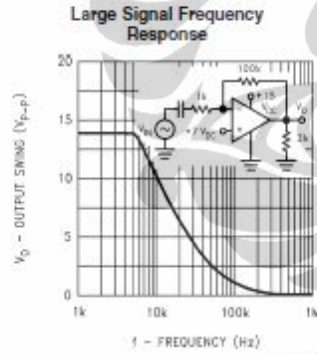
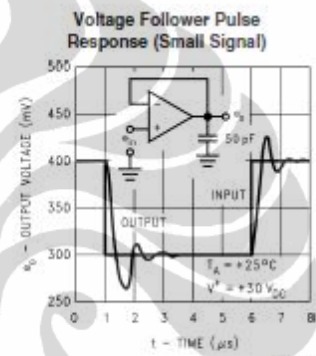
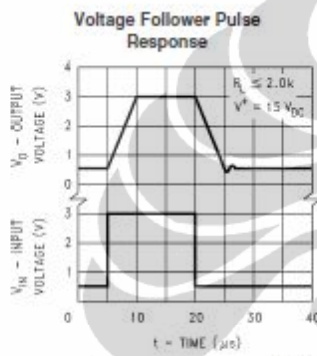
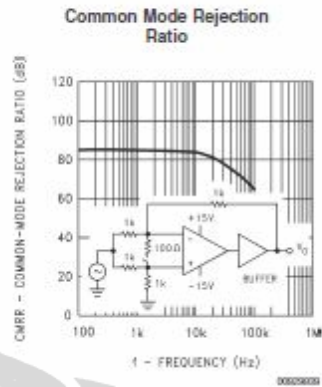
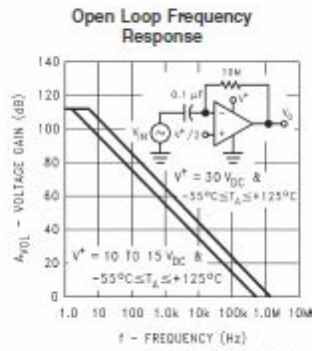
Typical Performance Characteristics



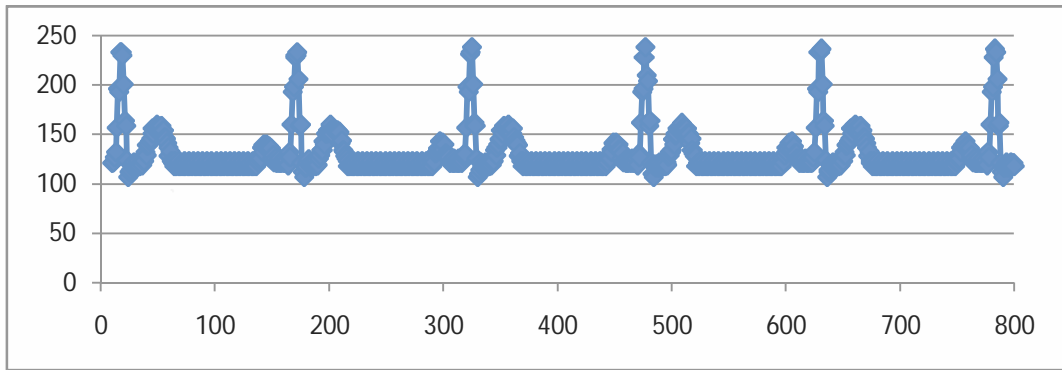
LAMPIRAN 3 :
Single Suply Quad Operational Amplifier LM324 (lanjutan)

LM124/LM224/LM324/LM2902

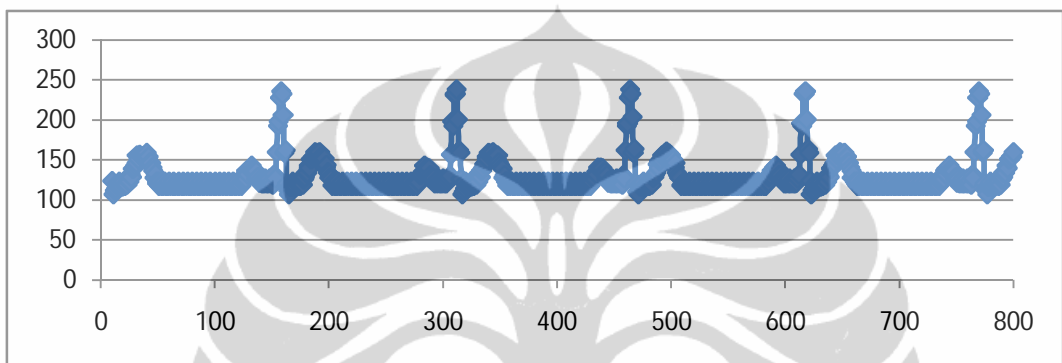
Typical Performance Characteristics (Continued)



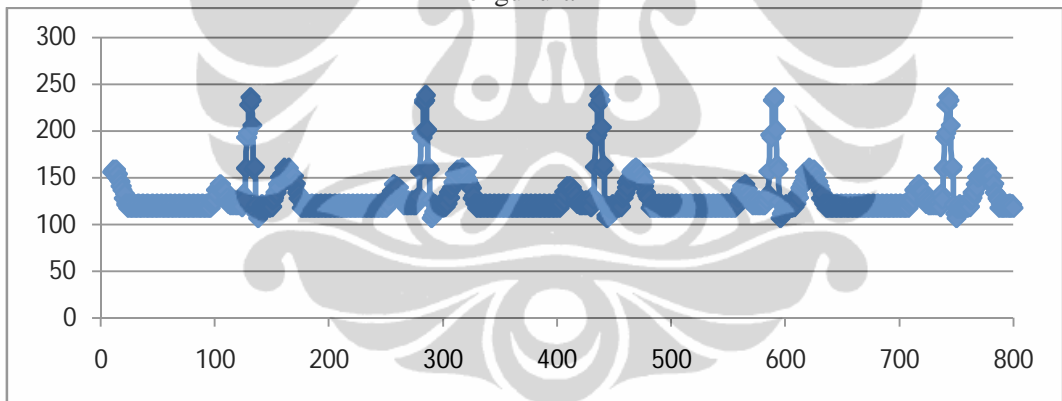
LAMPIRAN 6 : Data Pengukuran EKG (lanjutan)



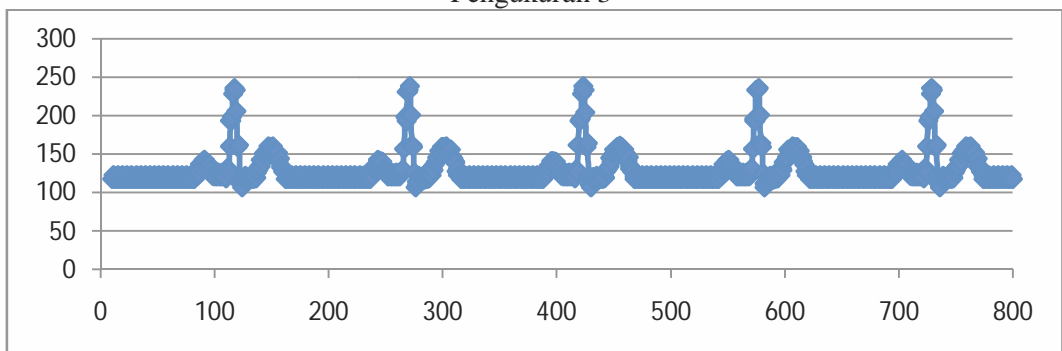
Pengukuran 1



Pengukuran 2

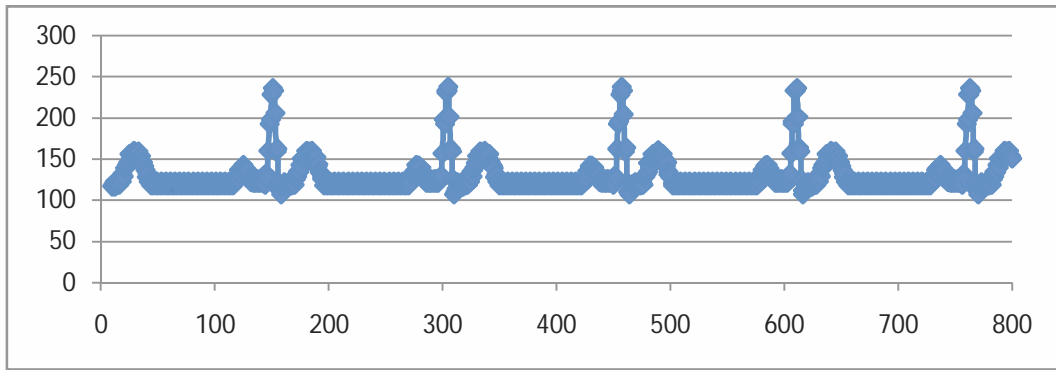


Pengukuran 3

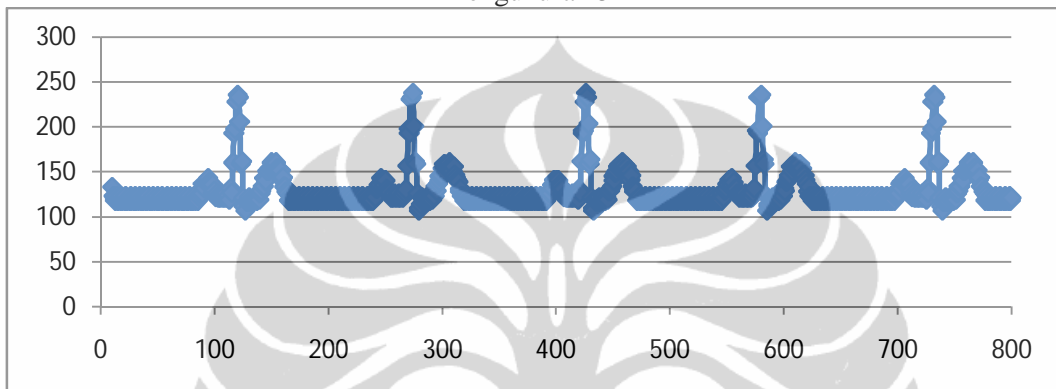


Pengukuran 4

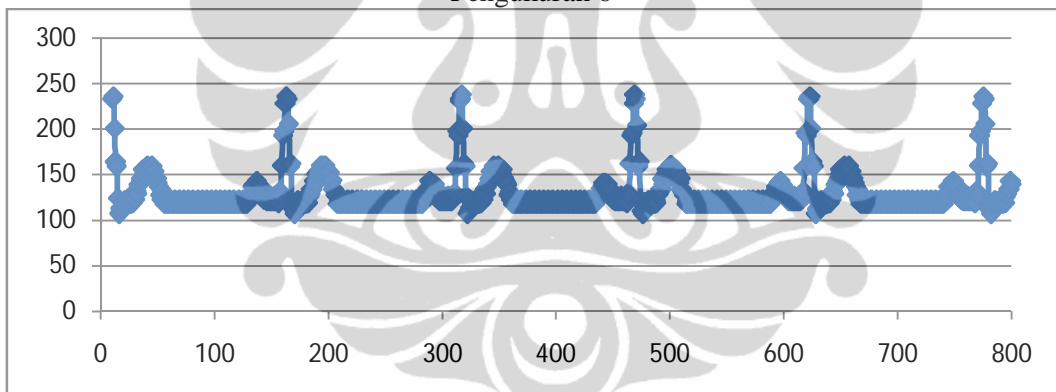
LAMPIRAN 6 : Data Pengukuran EKG (lanjutan)



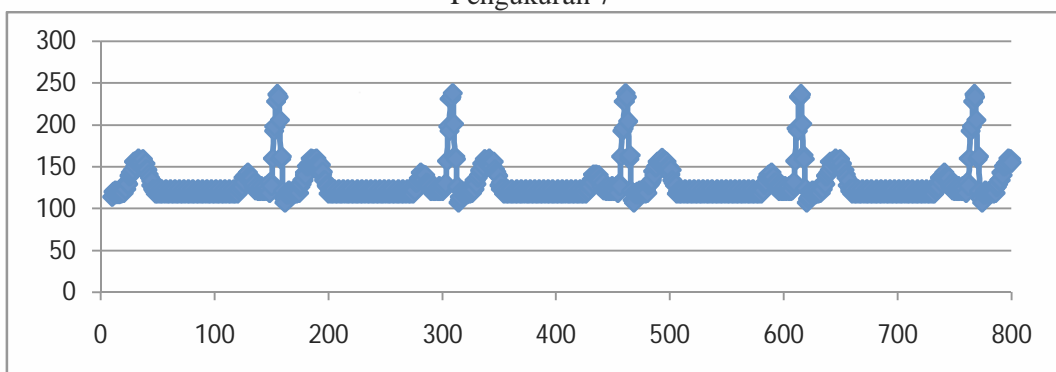
Pengukuran 5



Pengukuran 6

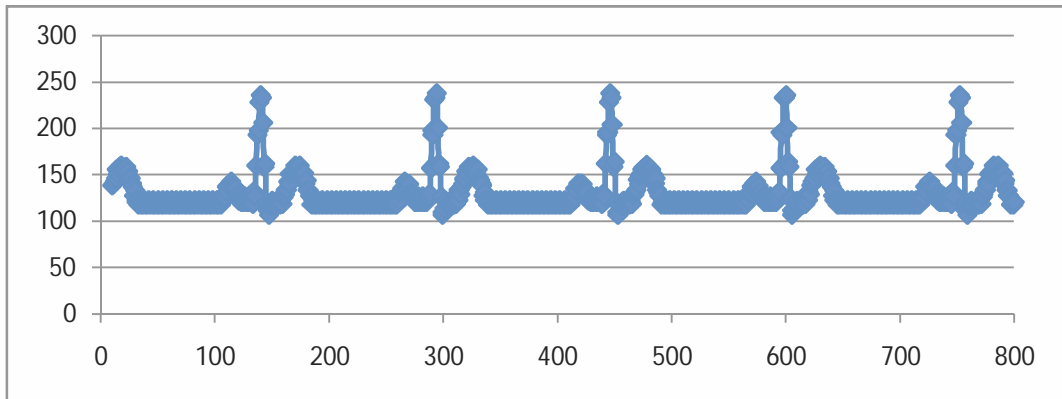


Pengukuran 7

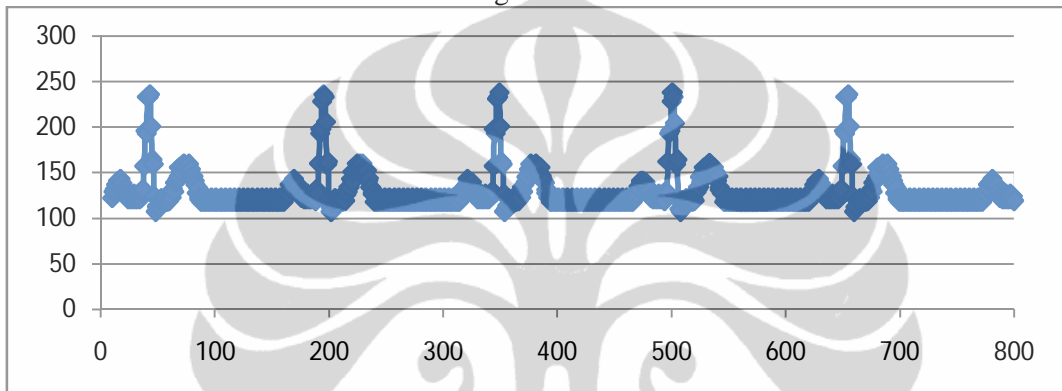


Pengukuran 8

LAMPIRAN 6 : Data Pengukuran EKG (lanjutan)



Pengukuran 9



Pengukuran 10