

PENGEMBANGAN ELECTRO-CARDIOGRAPH (ECG) DENGAN MEMANFAATKAN KEMAMPUAN 'PERSONAL COMPUTER'

Abstrak :

Sebuah rangkaian '**bio amplifier**' yang memperkuat signal gelombang listrik yang berasal dari kegiatan fungsi jantung, dihubungkan dengan alat perekam atau display membentuk sebuah instrument medis yang dikenal dengan Electro-Cardiograph (ECG). Alat perekam (recorder) atau display yang berfungsi untuk menggambarkan bentuk signal jantung ini, merupakan komponen ECG yang cukup mahal, tetapi dipergunakan hanya untuk fungsi yang terbatas karena hanya diperuntukan bagi ECG tersebut. Dengan menambahkan sebuah rangkaian filter dan rangkaian antar-muka (*interface*) pada keluaran (*output*) bio amplifier sehingga dapat dihubungkan dengan Personal Computer (PC), membentuk komposisi baru dari sebuah ECG. Komposisi ini dapat memberikan fasilitas untuk pengolahan data signal jantung yang terdeteksi dan terekam dalam memory PC. Selain itu, PC yang berfungsi sebagai display dapat berdiri sendiri untuk keperluan lain.

1. Pendahuluan :

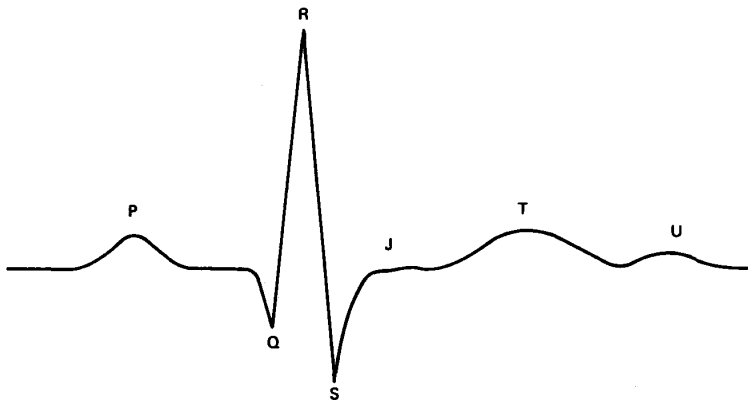
Kelainan fungsi jantung manusia tidak hanya ditemukan dikota-kota besar yang penuh dengan teknologi maju, tetapi juga terdapat pada masyarakat daerah yang jauh dari kecukupan dan sentuhan teknologi. ECG merupakan instrument medis yang dibutuhkan oleh para medis untuk memperoleh informasi tentang kerja fungsi jantung seseorang. Karena harganya, ECG tidak tersedia di pusat-pusat pelayanan medis didaerah atau Puskesmas. Untuk mengetahui kerja fungsi jantung seorang pasien, para medis didaerah harus mengirim pasennya terlebih dahulu ke rumah sakit atau laboratorium medis yang hanya terdapat di kota besar. Karenanya, seorang pasien harus mengeluarkan biaya yang lebih besar lagi untuk mengetahui kesehatan jantungnya.

Personal Computer (PC) merupakan perangkat yang sudah menjadi kebutuhan masyarakat banyak dari berbagai tingkat strata ekonomi. Selain itu, PC sudah dipergunakan di kantor-kantor pemerintahan termasuk kecamatan dan Puskesmas di daerah. Keberadaan PC di Puskesmas-Puskemas didaerah merupakan peluang baru untuk dimanfaatkan sebesar-besarnya, tidak sekedar hanya dipergunakan untuk menyimpan data atau kegiatan administrasi lainnya. Selain itu, para dokter muda yang bekerja di tempat-tempat terpencil, banyak yang telah mempunyai PC untuk kebutuhan kegiatan pribadinya.

Dari kedua keadaan diatas, tulisan ini menuangkan penelitian pengembangan sebuah alat yang dapat mendeteksi dan mengirimkan signal gelombang listrik analog yang berasal dari jantung melalui terminal input komunikasi PC kedalam PC. Dengan kata lain, alat yang diteliti ini apabila dihubungkan dengan PC menjadi sebuah ECG yang banyak dibutuhkan oleh para medis.

Alat yang dikembangkan ini terdiri dari sebuah '*bio-amplifier*' yang menguatkan signal-signal gelombang listrik yang berasal dari jantung (*biopotential*). Signal tersebut dipengaruhi oleh banyak signal lain yang dikategorikan sebagai noise yang berasal dari banyak sumber diluar tubuh manusia yang sedang di amati. Noise ini diperkecil oleh sebuah '*filter*' yang dihubungkan pada output bio-amplifier. Sebuah pengubah signal analog menjadi signal digital atau ADC (*Analog to Digital Converter*) ditambahkan untuk mendapatkan signal biopotential berupa data digital agar dapat diolah oleh PC. Transfer data digital dikendalikan oleh sebuah '*micro controller*'. Banyak keuntungan yang diperoleh dari penggunaan micro controller ini karena kemampuan dan fasilitas yang tersedia didalamnya selain untuk mentransfer data. Data digital dikirim ke PC melalui terminal komunikasi serie yang terdapat pada micro controller dan PC. Untuk menjaga agar tidak terjadi hubungan listrik antara rangkaian pendeteksi signal dengan PC, dipergunakan sebuah penghubung cahaya (*opto-coupler*). Opto coupler ini menghantarkan data digital yang akan dikirim melalui komunikasi serie, tetapi mengisolasi hubungan listrik. Data digital yang masuk kedalam PC selanjutnya akan mudah diolah untuk ditampilkan pada layar monitor atau dicetak (*print*). Bentuk informasi dalam data digital memudahkan untuk dimanipulasi lebih lanjut.

2. Signal Gelombang Listrik Jantung (ECG) :



Gambar 1. Bentuk gelombang listrik jantung [4].

Biopotential yang dibangkitkan jantung terlihat pada gambar 1 diatas, dikenal dengan nama electrocardiogram (ECG). Gelombang ini terdiri dari beberapa bagian gelombang yang muncul selama proses kerja jantung. Gelombang P menunjukkan depolarisasi pada otot-otot *atrial*, gelombang kompleks QRS merupakan hasil gabungan repolarisasi otot-otot *atria* dan depolarisasi ventricules yang terjadi pada waktu yang hampir bersamaan. Selang waktu dari P – Q menunjukkan waktu delay didalam *fiber-fiber* didekat node AV [4]. Gelombang ini selanjutnya akan direkam oleh Electrocardiograph.

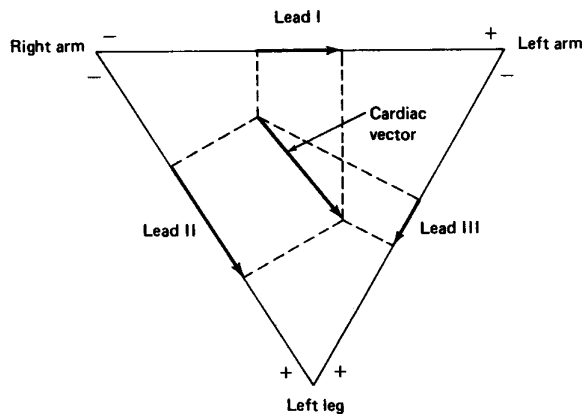
Beberapa nilai amplitude dan durasi normal yang penting pada parameter ECG dapat terlihat pada table 1.

Amplituda	
P	0.25 mV
R	1.60 mV
Q	25% x R
T	0.1 – 0.5 mV

Durasi	
P - R	0.12 – 0.20 sec
Q - T	0.35 – 0.44 sec
S - T	0.05 – 0.15 sec
P	0.11 sec
QRS	0.09 sec

Table 1. Amplitudo dan durasi parameter signal ECG.[4].

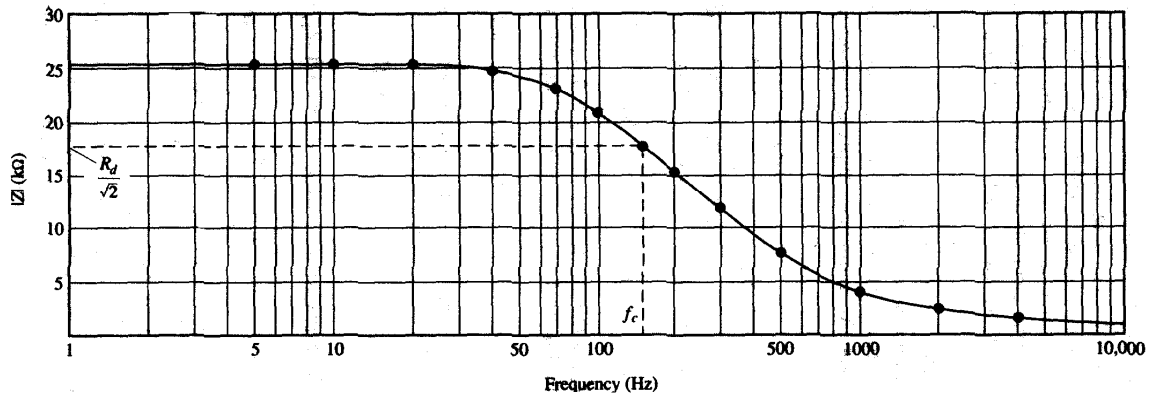
Signal ECG yang berasal dari jantung merambat keseluruh tubuh dan mempunyai magnitudo dengan arah tertentu (cardiac vector). Untuk mendeteksi signal ECG, ditentukan titik-titik reference pengukuran untuk menempatkan elektroda. Pengukuran signal ECG dilakukan dengan pemilihan tiga titik bipolar yang pertama kali diperkenalkan oleh Einthoven [4]. Pengambilan titik reference ini kemudian dikenal dengan segitiga Einthoven seperti terlihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Segitiga Einthoven.

Lead I : mengukur potensial antara Left Arm (LA) terhadap Right Arm (RA)
 Lead II : mengukur potensial antara Left Leg (LL) terhadap Right Arm (RA)
 Lead III : mengukur potensial antara Left Leg (LL) terhadap Left Arm (RA)

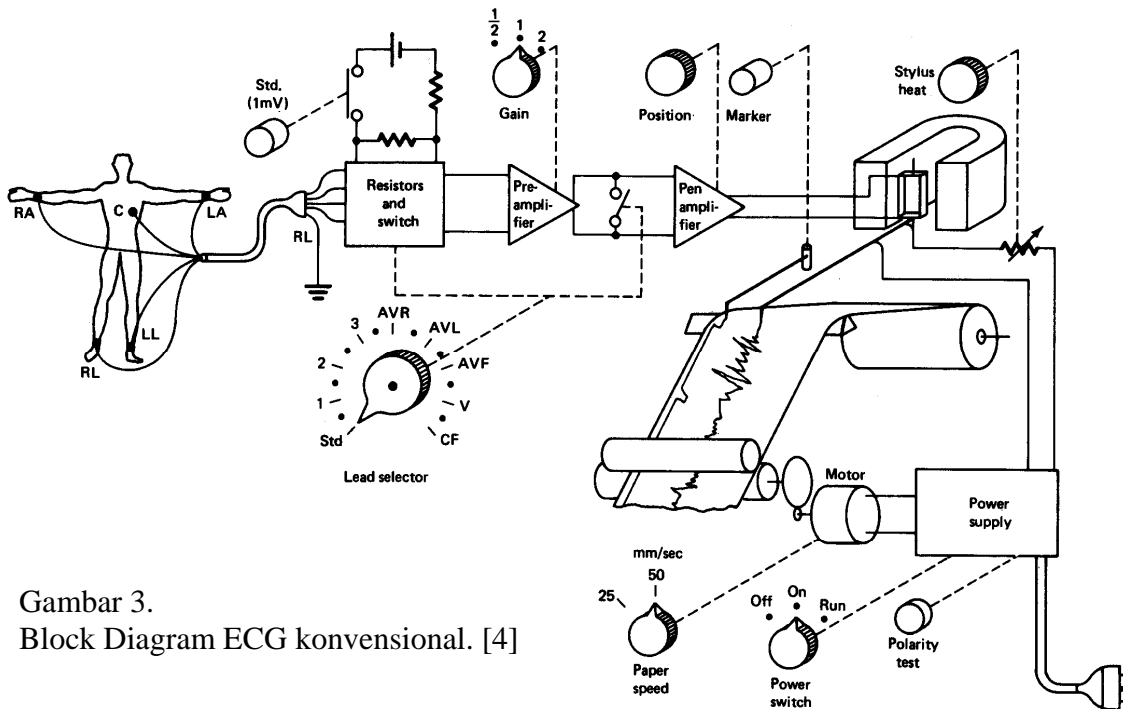
Signal ECG diukur dengan bantuan kepingan logam yang dikenal sebagai elektroda. Elektroda ditempelkan pada permukaan kulit di titik-titik pengukuran diatas. Metoda ini memberikan impedansi permukaan kulit dimana besarnya tergantung pada frekuensi seperti terlihat pada grafik 1. [1].



Grafik 1. Impedansi Elektroda permukaan kulit. [1].

3. ELECTROCARDIOGRAPH

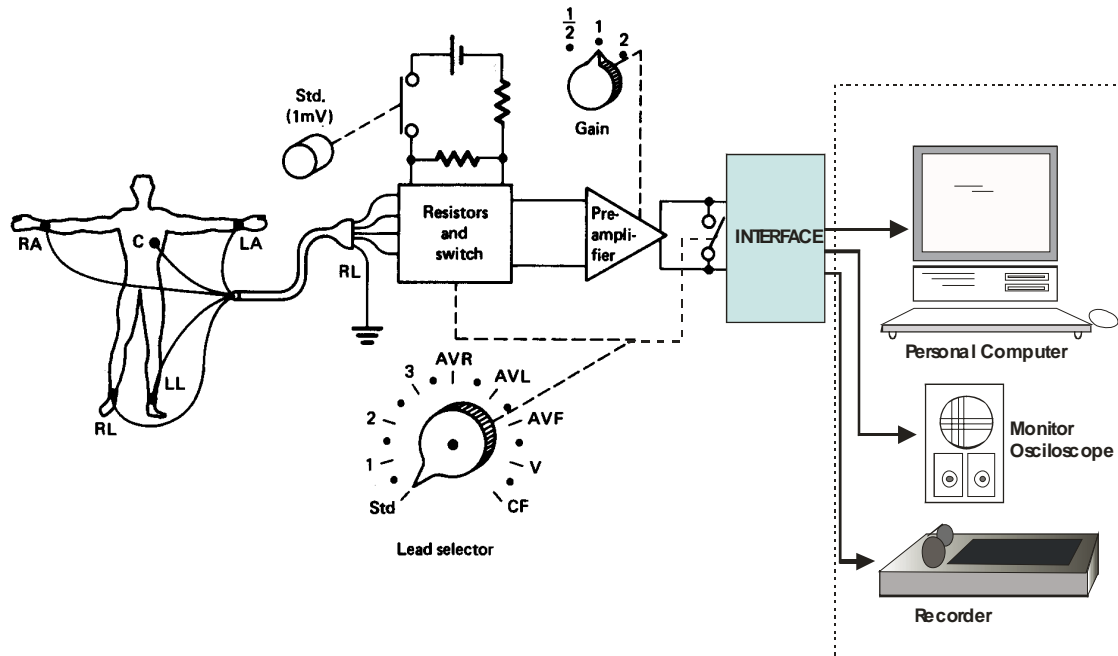
Electrocardiograph konvensional mempunyai block diagram seperti terlihat pada gambar 3. dibawah ini.



Gambar 3.
Block Diagram ECG konvensional. [4]

Block setelah 'pre-amplifier', dihilangkan dan diganti dengan sebuah 'interface' yang berfungsi untuk mengubah signal analog (output pre-amplifier) menjadi signal digital. Selain berfungsi sebagai pengubah signal analog menjadi signal digital (Analog to Digital Converter – ADC), interface ini berfungsi sebagai penghubung antara ECG dengan PC

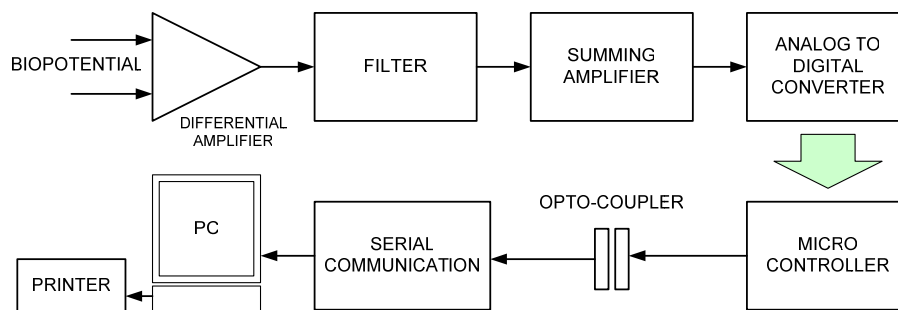
(lihat gambar 4). Dengan demikian ECG tanpa recorder atau monitor dapat dibuat menjadi lebih sederhana, kompak dan luwes (flexible).



Gambar 4. Block Diagram ECG dengan berbagai output interface.

3.1. Interface ECG dan PC

Interface ECG yang dikembangkan terlihat pada gambar 5. Setiap block mempunyai fungsi sebagai berikut :



Gambar 5. Block diagram Interface ECG - PC.

- Differential amplifier memperkuat amplitude dan daya signal biopotential yang terukur.
- Filter akan menghilangkan noise yang ikut masuk dengan signal biopotential.

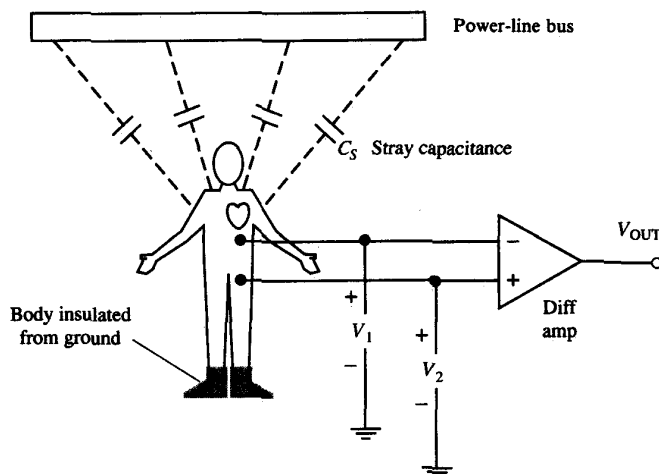
- Summing Amplifier diperlukan untuk menggeser level dc sehingga amplitude terukur selalu berpolaritas positif terhadap reference.
- ADC mengubah signal analog menjadi signal digital.
- Micro-controller mengatur frekuensi sampling dan transfer signal / data digital ke PC
- Opto-coupler berfungsi sebagai penyekat PC dengan rangkaian interface secara elektrik tetapi dapat melewatkan signal / data digital.
- PC memanipulasi data untuk ditampilkan pada layer monitor atau dicetak oleh 'printer'.

3.1.1. Biopotential Amplifier

Amplifier untuk memperkuat signal-signal yang ber-amplituda rendah dan kaya akan 'common mode component' termasuk biopotential dikenal dengan nama instrument amplifier. Amplifier ini merupakan sebuah 'differential amplifier' yang mempunyai spesifikasi ideal sebagai berikut [3] :

- Input impedansi 'common mode' dan 'differential mode' yang sangat besar (mendekati tak terhingga).
- Output impedansi yang rendah (mendekati nol).
- CMMR (common mode rejection ratio) yang sangat besar.

Didalam tubuh manusia, selain biopotential, terdapat signal-signal lain yang dapat turut terukur dan mengganggu pengukuran. Signal gangguan yang terbesar datang dari 'interference' sumber tegangan listrik jala-jala (PLN) yang disebabkan oleh efek kapasitansi antara tubuh manusia dengan jaringan tegangan listrik yang ada disekitar kita (lihat gambar 6). Selain itu, loncatan electron pada pekerjaan pengelasan listrik, dapat menjadi gangguan yang cukup besar pada pengukuran signal biopotential. Pengaruh gangguan dari luar tidak akan turut diperkuat karena gangguan tersebut berpengaruh sama pada input positif dan input negative differential amplifier.



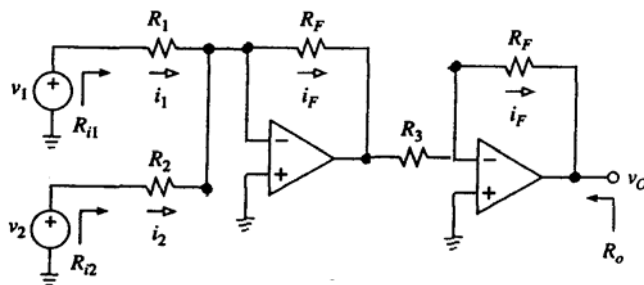
Gambar 6. Interferensi tegangan jala-jala pada pengukuran signal biopotential. [1]

3.1.2. Filter.

Effek '*stray capacitance*' yang menimbulkan tegangan pada tubuh manusia diakibatkan oleh listrik PLN cukup besar dibandingkan biopotential yang dibangkitkan jantung. Differential amplifier tidak dapat menghilangkan seluruh pengaruh ini. Untuk itu dibutuhkan bantuan filter yang bekerja sebagai '*notch filter*' atau filter yang mempunyai lebar pita yang sempit pada frekuensi jala-jala (50 Hz). Selain itu, filter diperlukan untuk membatasi lebar pita karena akan dilakukan pencuplikan (*sampling*) oleh ADC. Besar frekuensi tertinggi dari signal biopotential harus sama dengan atau dua kali lebih kecil dari frekuensi sampling.

3.1.2. Summing Amplifier.

Karena amplituda signal biopotential mempunyai daerah tegangan dari negative sampai positive, maka dibutuhkan pergeseran level nol dari signal tersebut kearah positive. Dengan demikian, seluruh tegangan biopotensial yang telah diperkuat, mempunyai tegangan positif. Hal ini perlu dilakukan karena ADC bekerja pada tegangan input dalam kisaran positive. Pergeseran level nol dikerjakan oleh '*summing amplifier*' terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Summing amplifier.

Bila $R_1 = R_2 = R_3 = R_F$ akan diperoleh $v_0 = v_1 + v_2$.

Dc (*direct current*) level output v_0 dapat diset dengan memasang sumber tegangan variable dc pada v_2 dan R_1 dihubungkan dengan output differential amplifier.

3.1.3. Analog to Digital Converter (ADC).

Signal biopotential analog yang telah diperkuat dan difilter, setelah level nol nya digeser kearah positif, diubah menjadi signal digital. Signal biopotential digital ini selanjutnya disebut data digital. Frekuensi pencuplikan dapat bervariasi sesuai dengan kebutuhan dan dikendalikan oleh micro-controller. Data digital ini terdiri dari 8 bit, keluar dari ADC dan dikirim ke PC melalui rangkaian '*komunikasi seri*'. Proses pengiriman data digital ini merupakan tugas dari micro-controller.

3.1.4. Micro Controller & Serial Communication.

Peran utama dari interface ECG – PC ini menjadi tanggung-jawab micro-controller. Micro-controller berfungsi sebagai :

- Sumber pembangkit pulsa pewaktu (clock) yang diperlukan oleh ADC
- Mengendalikan transfer data digital dari ADC menuju PC melalui komunikasi seri.

Dengan menggunakan microcontroller, terbuka bagi pengguna untuk mengatur frekuensi clock dengan mudah dan akurat. Variasi frekuensi clock ini dibutuhkan para peneliti di laboratorium untuk menganalisa lebih jauh mengenai signal-signal biopotential yang dibangkitkan oleh berbagai sumber dalam kehidupan.

Kecepatan transfer data dari komunikasi seri, memungkinkan alat ini dihubungkan dengan berbagai perangkat yang mempunyai kecepatan dalam kisaran tertentu.

3.1.4. Optocoupler.

Agar rangkaian interface ECG terpisah secara elektrik dari PC, dipasang sebuah '*optocoupler*' yang berfungsi selain menjadi isolasi elektrik, juga berfungsi untuk mentransfer data digital dari micro-controller ke PC melalui rangkaian komunikasi seri (lihat block diagram pada gambar 5). Ini diperlukan untuk mengisolasi noise yang terdapat pada PC agar tidak mengganggu pengukuran. Selain itu, kebocoran tegangan listrik pada PC, dapat membahayakan pasien yang sedang dimonitor signal biopotential jantungnya.

3.1.5. Personal Computer (PC).

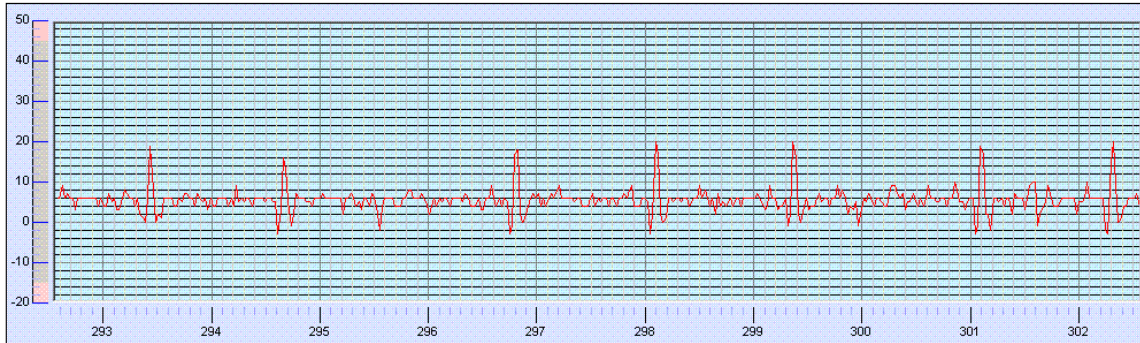
PC yang merupakan peralatan diluar interface ECG diperlukan untuk menampilkan bentuk gelombang biopotential jantung untuk diamati oleh paramedis. Dengan bantuan software yang dibuat kemudian, PC dapat membantu untuk menganalisa informasi apa saja yang tersembunyi didalam gelombang biopotensial jantung. Data ini dapat pula disimpan dalam memory dalam bentuk '*file*' atau dicetak oleh '*printer*' yang terhubung dengan PC.

4. Perangkat Lunak.

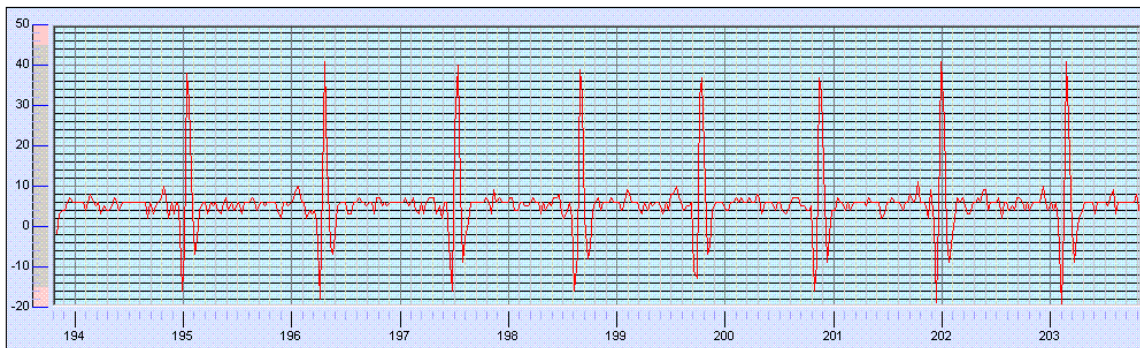
Penggunaan micro-controller membutuhkan soft-ware / program yang dibuat dengan menggunakan bahasa assembly. Begitu juga dengan PC, membutuhkan sebuah program aplikasi untuk mengambil data dari port '*serial communication*' dan menampilkannya pada layar monitor. Program aplikasi ini ditulis dengan bahasa pemrograman tingkat tinggi (high level language), dapat dikembangkan untuk keperluan yang lebih luas sesuai dengan kebutuhan.

5. Hasil Pengukuran.

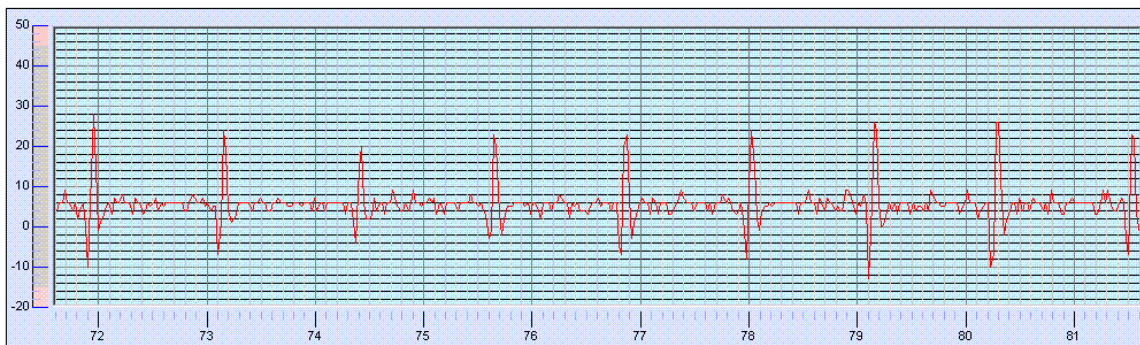
Beberapa hasil pengukuran biopotensial jantung dengan interface ECG- PC terlihat seperti pada Grafik 2.a s/d c yang masing-masing untuk lead V_1 , V_2 , dan V_3 .



Grafik 2.a. Hasil pengukuran biopotensial jantung lead V_1



Grafik 2.b. Hasil pengukuran biopotensial jantung lead V_2

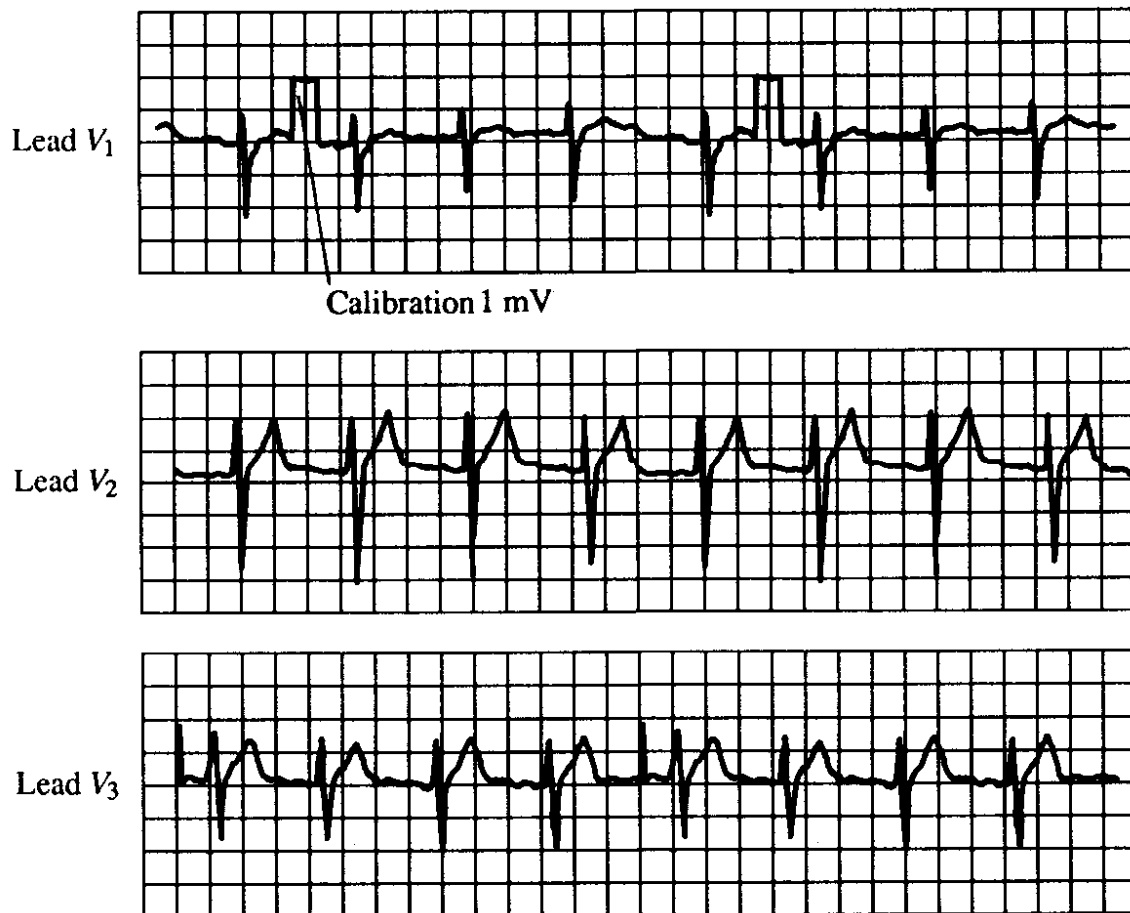


Grafic 2.c. Hasil pengukuran biopotensial jantung lead V_3

6. Kesimpulan.

Apabila diperhatikan gelombang biopotential hasil pengukuran interface ECG-PC dan dibandingkan dengan hasil pengukuran reference [1] seperti terlihat pada grafik 3 dibawah ini, tampak bahwa terdapat riak (*ripple*) yang lebih besar. Ripple ini ditimbulkan oleh noise yang terdapat tubuh pasien yang masuk bersama gelombang biopotential. Peredaman noise kurang sempurna karena komponen Op-Amp (*Operational Amplifier*) pada rangkaian differential amplifier mempunyai CMRR (*Common Mode Rejection Ratio*) yang tidak memadai, sehingga noise yang tidak diinginkan turut muncul pada outputnya. Untuk itu masih diperlukan penelitian lebih lanjut.

Dimensi fisik yang kecil dari alat interface ECG-PC memberi tingkat mobilitas yang lebih tinggi.



Grafik 3. Biopotential jantung V₁, V₂, dan V₃ dicuplik dari reference [1].

Daftar Pustaka :

- [1]. Richard Aston, 'Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement' Merrill Publishing Company, 1990.
- [2]. Joseph J.Carr & Jhon M. Brown, 'Introduction to Biomedical Equipment Technology', Prentice Hall, 1998.
- [3]. Sergio Franco, 'Design with Operational Amplifier and Analog Integrated Circuit', Mc Graw-Hill, Electrical Engineering Service, 1998.
- [4]. Leslie Cromwell cs, 'Biomedical Instrumentation and Measurements'. Prentice Hall, 1980.
- [5].