DESAIN DAN REALISASI SISTEM PHOTOPLETHYSMOGRAPH (PPG) UNTUK MENGHITUNG DENYUT JANTUNG BERBASIS EMBEDDED ETHERNET DAN MIKROKONTROLER AVR ATMEGA 8535

Hardiyanto[1], Achmad Rizal[2], Angga Rusdinar[3]

[1]Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Photoplethysmograph (PPG) adalah suatu perangkat yang digunakan untuk mengukur kondisi peredaran darah yang dipompa oleh jantung pada organ tertentu dalam tubuh. Hasil pengukuran tersebut dapat dimanfaatan untuk mengetahui kondisi jantung dalam periode tertentu. Selain untuk mengamati kinerja jantung, PPG juga dapat dimanfaatkan untuk memonitor pernafasan dan mengatur saturasi oksigen dalam darah.

Pada penelitian oleh Imron Hadi Siswanto tahun 2007 dengan judul Realisasi Photoplethysmograph Berbasis Mobile Phone Untuk Menghitung Denyut Jantung telah dikembangkan sebuah perangkat PPG berbasis mobile phone dengan memanfaatkan teknologi bluetooth. Penggunaan bluetooth sebagai media transmisi kurang efektif karena proses transfer data hanya terbatas pada jarak tertentu. Penggunaan teknologi embedded ethernet dirasakan sangat tepat untuk megefektikan dan mengefiseankan kinerja ahli medis. Dengan sistem embedded ethernet ahli medis dapat melakukan monitoring jarak jauh jumlah denyut jantung pasien dimana saja dan kapan saja hanya dengan mengakses suatu embedded Ethernet server. Hal ini didukung dengan perkembangan teknologi embedded system yang berbasis TCP/IP. Kepopuleran protokol TCP/IP yang mampu membuat proses komunikasi dan pertukaran informasi menjadi hal yang sangat mudah untuk dilakukan. Integrasi antara embeded sistem dengan jaringan berbasis TCP/IP akan membawa beberapa keuntungan, seperti kepraktisan dan konektivitas yang tinggi. Integrasi ini dikenal dengan nama Embedded Ethernet.

Pada tugas akhir ini, sinyal PPG diakuisisi dengan menggunakan tiga Op-Amp sebagai penguat dengan total penguatan sebesar 23.5809 kali dan filtering menggunakan dua buah LPF dengan frekuensi cut-off 20,54 Hz. Kemudian mikrokontroler AVR8535 digunakan sebagai ADC dan pengubah data parallel menjadi serial sebelum dikirim ke jaringan melalui modul WIZ110SR yang berfungsi sebagai pengubah protocol serial menjadi protocol TCP/IP. User dapat mengakses server sistem PPG dan melakukan monitoring menggunakan PC yang terhubung kejaringan. Di PC dibuat perangkat lunak yang dapat menampilkan grafik dari sinyal PPG dan hasil perhitungan detak jantung permenit.

Kata Kunci : Embedded Ethernet, Photopletysmograph, AVR 8535, TCP/IP, Filter

Abstract

Photoplethysmograph (PPG) is a device used to measure the condition of blood circulation is pumped by the heart in particular organs in the body. The results of these measurements can be used to determine the heart condition during a certain period. In addition to observing the performance of the heart, PPG can also be used to monitor and regulate breathing oxygen saturation in the blood.

In previous research by Imron Hadi Siswanto in 2007 with the title realization of Photoplethysmograph Based Mobile Phone for heart rate counting has developed a device based PPG mobile phone using bluetooth technology. The use of Bluetooth as the transmission medium deemed less effective because the data transfer process is limited to a certain distance. The use of embedded Ethernet technology to be especially appropriate for effectiveness and efficiency of performance of medical experts. With an embedded Ethernet system medical experts can perform remote monitoring of the patient's heart rate anywhere, anytime just by accessing an embedded Ethernet servers.

This is supported by the development of embedded systems technology based TCP / IP. The popularity of TCP / IP is able to make the process of communication and exchange of information becomes a very easy thing to do. Embeded systems integration between the network TCP / IP will bring several benefits, such as practicality and high connectivity. This integration Embedded known as Ethernet.

In this final assignment, PPG signals were acquired by using three Op-Amp as an amplifier with a total amplifier is 23.5809 times and filtering using a two LPF with the cut-off frequency of 20.54 Hz. Then the microcontroller AVR 8535 used as ADC and modifiers parallel to serial data before being sent to the network by WIZ110SR module that serves as converter of serial protocol into TCP / IP protocol. Users can access the server PPG system and monitoring using a PC connected to network. On the PC created software that can display a graph of the PPG signal and the calculated bpm.

Keywords : Embedded Ethernet, Photopletysmograph, AVR 8535, TCP/IP, Filter

---

BAB I
PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Jantung merupakan organ vital didalam tubuh manusia yang berfungsi mensirkulasikan atau memompa darah ke seluruh tubuh. Akibat pemompaan tersebut, volume darah pada suatu organ tubuh akan berubah – ubah. Perubahan tersebut dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi aktifitas jantung. Teknik mendeteksi perubahan darah akibat dari pemompaan jantung dikenal dengan plethysmograph. Salah satu metode plethysmograph adalah photoplethysmograph (PPG) yaitu teknik mendeteksi perubahan darah pada organ tubuh dengan menggunakan photo sensor.

Dari penelitian Imron Hadi Siswanto tahun 2007 dengan judul *Realisasi Photoplethysmograph Berbasis Mobile Phone Untuk Menghitung Denyut Jantung* , telah dikembangkan sebuah perangkat photoplethysmoraph berbasis mobile phone dengan teknologi bluetooth. Penggunaan teknologi bluetooth sebagai interface dirasa kurang efektif karena jarak transfer data dari transmitter ke receiver yang terbatas, sehingga dalam tugas akhir ini akan digunakan teknologi *embedded ethernet* sebagai interface dari sistem PPG ke jaringan dengan protokol TCP/IP. Diharapkan seorang ahli medis dapat memonitoring jarak jauh jumlah denyut jantung yang dihasilkan hanya dengan mengakses *embedded Ethernet server* dimana saja dan kapan saja, sehingga dapat bekerja dengan efektif dan efisien.

Dalam tugas akhir ini pemanfatan sinyal photoplethysmograph akan difokuskan pada perhitungan denyut jantung dengan periode tertentu secara kontinyu pada *embedded Ethernet server*. Sehingga dapat dimanfaatkan oleh ahli medis untuk dianalisa kondisi jantung seseorang.

1.2 Tujuan dan Kegunaan Penulisan

1.2.1 Tujuan Penulisan

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan merealisasikan suatu sistem *monitoring* perubahan secara *real-time* terhadap sinyal PPG melalui *serial to Ethernet gateway* sebagai *Server* sehingga dapat diakses seorang ahli medis dimana saja dan kapan saja.

1.2.2 Kegunaan Penulisan

Penelitian ini menghasilkan perangkat monitor sinyal PPG yang telah dilengkapi dengan *monitoring* terhadap variasi *beat perminute* dengan mengkases *embedded ethernet server*.

1.3 Permasalahan

Permasalahan dalam mengimplementasikan sistem *potoplethysmograph* berbasis embeded ethrnet dan mikrokontroller AVR 8535 ini ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana mendeteksi dan memisahkan sinyal PPG terhadap noise, sebab SNR sangat rendah. Sehingga perlu diperhatikan dalam melakukan pemrosesan sinyal, yakni pada proses *filtering*, *amplifying* dan *noise reduction*.
2. *Serial to ethernet gateway* bekerja secara digital, sedangkan sinyal PPG ialah sinyal analog. Sehingga sinyal PPG harus dikonversi menjadi digital terlebih dahulu sebelum diproses oleh *serial to ethernet gateway*. Dalam proses digitalisasi, semakin banyak pengambilan sampel, maka sinyal tersebut makin mirip dengan aslinya. Masalahnya ialah bagaimana mengambil *sample* sebanyak–banyaknya tanpa mengabaikan delay proses, sehingga pengukuran dapat dilakukan secara *real-time*.
3. Bagaimana menentukan jumlah *beat perminute.*
4. Bagaimana mendesain suatu sistem monitoring di PC untuk pengukuran dan analisa terhadap sinyal PPG.

1.4 Pembatasan Masalah

Batasan permasalahan dalam tugas akhir ini ialah:

1. Perancangan dan pembuatan hardware untuk akuisisi sinyal PPG, meliputi blok catuan, *sensor*, *amplifier*, *filter*, *analog to digital converter* dan *serial to Ethernet gateway*. Hardware ini akan dikoneksikan pada PC melalui *port ethernet* menggunakan kabel RJ-45.
2. Sistem *monitoring* pada PC meliputi tampilan grafik sinyal PPG yang terdeteksi, serta pengukuran dan tampilan *beat perminute*.
3. Sistem *monitoring* sinyal PPG diimplementasikan berupa software pengumpul data yang diprogram menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 7.
4. *Serial to ethernet gateway* digunakan sebagai pengubah protokol serial menjadi protokol TCP/IP
5. Menggunakan mikrokontroller AVR 8535 sebagai pengubah sinyal analog menjadi digital dan pemrograman serial.
6. Tidak membahas lebih lanjut mengenai keamanan jaringan dan jenis jaringan yang digunakan.

7. Menggunakan modul Wiz110SR *serial to ethernet gateway* produk wiznet.
8. Tidak membahas disisi medis, lebih membahas disisi teknis.

I.5 Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan untuk memecahkan permasalahan dalam tugas akhir ini dibagi dalam tiga tahap, yaitu:

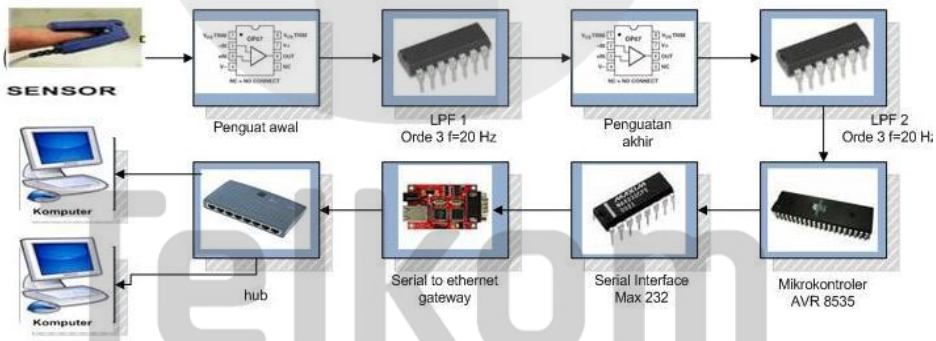
1.5.1 Tahap Studi Literatur

Sistem yang dibangun ialah sistem elektronika analog dan digital, serta software Delphi 7 untuk tampilan aplikasi pada PC. Pada tahap ini, penulis melakukan diskusi dengan pembimbing dan beberapa pihak untuk menambah wawasan penulis mengenai elektronika dan penggunaan software Delphi 7. Selain itu, penulis juga melakukan *searching* di internet untuk menambah pengetahuan penulis tentang karakteristik sinyal PPG dan teknik pengolahannya.

1.5.2 Tahap Perancangan, Implementasi dan Simulasi

1.5.2.1 Perancangan Blok Pengkondisisan Sinyal PPG

Berikut ini ialah blok diagram untuk pengkondisian sinyal PPG sebelum mengalami proses selanjutnya di PC.



Gambar 1.1 Blok perangkat pengkondisi sinyal PPG

Keterangan gambar:

1. *sensor* ialah perangkat yang dijepitkan pada bagian jari tangan pasien untuk memperoleh informasi sinyal PPG pasien tersebut.
2. *Amplifier* merupakan blok yang digunakan untuk menambah penguatan sinyal PPG.

3. *Filter* digunakan untuk menyaring sinyal dengan frekuensi 0.05 – 20 Hz. Sebab, sinyal PPG umumnya terletak pada daerah frekuensi tersebut.
4. *Mikrokontroler* digunakan sebagai *Analog to digital converter* pengubah dinyal analog menjadi sinyal digital. Selain itu *mikrokontroler* digunakan untuk komunikasi serial, pembentuk format data RS-232 agar data tersebut dapat dikirimkan ke PC.
5. *Serial interface* berfungsi untuk melakukan pengkondisian level tegangan sesuai dengan standar RS-232.

1.5.2.2 Perancangan Software Monitoring sinyal PPG

Perancangan software monitoring sinyal PPG menggunakan bahasa pemrograman Delphi 7. Keluaran dari software ini ialah tampilan grafik sinyal PPG dan grafik perubahan BPM dari waktu ke waktu selama proses *monitoring*.

1.5.3 Tahap Pengukuran dan Analisa

1.5.3.1 Pengukuran Sinyal Keluaran Blok Pengkondisisan Sinyal PPG

Setelah merealisasikan blok pengkondisian sinyal PPG, penulis melakukan pengambilan sampel sinyal keluaran dari masing-masing blok sistem tersebut. Dalam pengambilan sampel tersebut, alat yang digunakan penulis ialah multimeter dan osiloskop.

1.5.3.2 Analisa Algoritma Software Monitoring Sinyal PPG

Setelah mengimplementasikan monitoring sinyal PPG pada bahasa pemrograman Delphi 7, penulis melakukan kalibrasi *software* tersebut dengan membandingkan *sample* sinyal PPG dengan hasil pengukuran secara manual dengan menggunakan osiloskop. Selain itu, penulis melakukan pengujian perhitungan detak jentung dengan membandingkan hasil dari *software* dengan perhitungan manual.

I.6 Sistematika Penulisan

Laporan hasil penelitian Tugas Akhir ini disajikan dengan sistematika sebagai berikut:

Bab 1 : PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan tentang latar belakang masalah sehingga dilakukan penelitian, pembatasan masalah pada inti persoalan, tujuan, metodologi penelitian, dan sistematika pembahasan.

Bab 2 : DASAR TEORI

Berisi mengenai teori dasar antara lain menjelaskan karakteristik sinyal PPG dan metode pengolahan sinyal tersebut, serta mengenai dasar-dasar elektronika yang diterapkan, diantaranya mengenai sensor, amplifier, filter, konversi sinyal analog ke digital, pengiriman data serial standar RS 232, modul serial to ethernet WIZ110sr. Selain itu juga membahas mengenai bahasa pemrograman yang digunakan.

Bab 3 : PERANCANGAN DAN REALISASI SISTEM

Berisi mengenai perancangan hardware dan software untuk analisa sinyal PPG. Bab ini meliputi skematik dan desain rangkaian elektronika untuk akuisisi sinyal PPG serta diagram alir pemrograman untuk proses *monitoring* dan analisa sinyal PPG.

Bab 4 : PENGUKURAN DAN ANALISA

Berisi mengenai hasil-hasil pengukuran masing-masing blok yang didokumentasikan beserta analisanya. Bab ini juga menganalisa kelemahan perangkat terhadap kondisi nyata yang terjadi pada saat pengujian.

Bab 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan hasil penelitian dan saran-saran terhadap peneliti berikutnya yang berkaitan dengan topik peneliti

BAB V

Kesimpulan dan Saran

5.1 KESIMPULAN

1. Telah berhasil diimplementasikan sistem monitoring sinyal PPG untuk menghitung denyut jantung secara *real time* berbasis Embedded Ethernet.
2. Sistem ini dapat membaca Sinyal PPG menggunakan sensor yang dibuat menggunakan LED dan LDR untuk akuisisi sinyal PPG.
3. Sistem yang direalisasikan memiliki spesifikasi sebagai berikut :
   - Mampu mendeteksi sinyal amplituda rendah antara 30 mV hingga 150 mV.
   - Mempunyai penguatan sekitar 64 kali, menggunakan tiga OP07 sebagai penguatan.
   - Filter bekerja pada frekuensi cut-off 20.547 Hz.
   - Terhubung dengan PC menggunakan port Ethernet yang terhubung dengan modul Wiz110SR dan data serial RS232C dengan baudrate 2400 bps dan format data 8N1.
4. Keamanan pasien (*medical safety*) masih belum terjamin sebab sistem grounding perangkat yang masih belum dihubungkan dengan grounding bangunan.
5. Filter yang direalisasikan di tugas akhir ini sudah bekerja dengan baik tapi masih belum cukup untuk meredam *noise* yang ada, sehingga tampilan sinyal di software masih terlihat naik turun dan fluktuatif.
6. Sistem yang dibuat masih sensitif terhadap gerakan. Sehingga belum dapat digunakan untuk pengukuran objek yang bergerak.
7. Jangkauan sistem dapat mencapai 90 m karena menggunakan kabel UTP yang memiliki karakteristik jarak maksimum 100 m. tetapi, untuk jarak lebih dari 90 m mengakibatkan *delay* sebesar 6,24 detik, atau tidak *real time.*
8. Dalam menghitung bpm digunakan threshold yang disesuiakan dengan amplituda maksimum sinyal yang terbaca di perangkat monitoring. Hal ini menyebabkan sinyal tidak dihitung jika nilai dibawah threshold sehingga perhitungan bpm tidak akurat.
9. Embedded Ethernet Server tidak dapat diakses user secara bersamaan. Hal ini dikarenakan model jaringan client/server yang digunakan adalah host terminal. Hal ini mengakibatkan satu line hanya dapat diakses satu user dalam satu waktu mengakibatkan komunikasi kurang efektif.

10. Sistem ini memberikan solusi alternatif yang relatif mudah dan murah terhadap pengukuran PPG.

5.2 SARAN

1. Sistem perangkat lunak monitoring sinyal PPG dikembangkan dengan algoritma pemrograman perhitungan heart rate lain, sehingga perhitungan bpm lebih akurat.
2. Sistem PPG dapat dikembangkan lagi untuk mengukur saturasi oksigen dalam darah.
3. Perlu dikembangkan atau dicari solusi untuk sensor yang tidak terpengaruh oleh gerakan jika sistem ini akan digunakan oleh objek yang bergerak, misalnya digunakan oleh seorang atlet.