

MONITORING PHOTOPLETHYSMOGRAPH DIGITAL DENGAN WIRELESS LAN (802.11b)

Sugondo Hadiyoso, Achmad Rizal, dan Rita Magdalena
Biomedical Signal Processing & Instrumentation Research Group (BioSPIN)
Fakultas Elektro & Komunikasi, Institut Teknologi Telkom, Bandung
sugondo.hadiyoso@gmail.com, arl@ittelkom.ac.id, dan rta@ittelkom.ac.id

ABSTRACT

Heart is a vital organ in the human body. Heart has a function to circulate blood throughout the body. Volume of blood in an organ of the body will vary due to pumping of blood by the heart. There are many ways to analyze the condition of the heart. One of them uses Photoplethysmograph. Photoplethysmograph is a device that can detect changes in blood volume. The data of Photoplethysmograph can be used to determine the health condition of a person. This paper elaborates upon a wireless LAN-based Photoplethysmograph. It is a tool to monitor changes in blood volume and display the graph changes. This system can be used to monitor the heart using wireless transmission. Photoplethysmograph consists of a sensor, an amplifier, an LPF, an ADC, a microcontroller, a serial data communication, a wireless LAN 802.11b, and a computer as a receiver and data viewer. Sensor consists of a red LED and fotoresistor (LDR) is placed on the finger. The signal emitted by LED is accepted by LDR. Signals received by LDR change according to the changes in blood volume. Because the received amplitude is very small and contains noises, it will need to be strengthened and filtered. Analog signals are converted into digital signals by ADC. And then, data is sent serially by the microcontroller and transmitted wirelessly to a computer. In the computer, data will be presented in the form of graphs and numbers. The use of wireless Photoplethysmograph is to monitor heart conditions, calculate heart rate, and consequently the use of wireless transmission media will be more flexible for monitoring patient.

Keywords: *Photoplethysmograph, Embedded Wireless LAN.*

1. Pendahuluan

Jantung merupakan organ vital di dalam tubuh manusia. Jantung berfungsi mensirkulasikan/memompa darah ke seluruh tubuh. Akibat dari pemompaan tersebut volume darah di suatu organ akan berubah-ubah. *Photoplethysmograph* (PPG) merupakan perangkat yang dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan volume darah tersebut^[1].

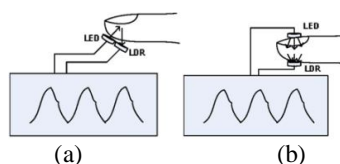
Meskipun cara bekerjanya mendeteksi perubahan volume darah, penggunaan PPG yang umum adalah untuk menghitung dan menampilkan detak jantung per menit, sedangkan informasi perubahan volume darah tersebut tidak ditampilkan. Akan lebih berguna jika PPG menampilkan data dalam bentuk grafik perubahan volume darah secara kontinyu, karena dari grafik tersebut dapat diamati kondisi jantung seseorang. Pengamatan grafik PPG secara kontinyu dapat mendeteksi adanya gangguan jantung misalnya kontraksi jantung prematur dan mengamati siklus pengamatan.

PPG pada penelitian ini menggunakan *wireless LAN* 802.11b sebagai pengirim data ke komputer ahli jantung dengan konfigurasi *point to point* karena pemantauan hanya dilakukan pada satu *user*. *Wireless LAN* dipilih dengan alasan memiliki mobilitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan *Bluetooth*. Sedangkan perangkat *Photoplethysmograph* dapat terhubung langsung dengan komputer yang berfungsi sebagai tempat pengolahan data.

2. Teori *Photoplethysmograph*

Plethysmograph merupakan suatu instrumen yang digunakan untuk mengukur perubahan volume darah di dalam suatu organ atau seluruh tubuh. Biasanya merupakan hasil dari fluktuasi volume darah atau udara yang terkandung di dalamnya. *Photoplethysmograph* (PPG) merupakan instrumen *plethysmograph* yang bekerja menggunakan sensor *optic*^[2]. Dalam teknik PPG dikenal dua macam mode konfigurasi pemasangan sensor:

1. Mode transmisi: Sumber cahaya (LED) dipasang berhadapan dengan sensor cahaya (LDR) seperti pada Gambar 1(a). LDR mendeteksi perubahan cahaya yang dipancarkan oleh LED akibat penyerapan oleh organ (darah, kulit, dan daging/otot) secara langsung.
2. Mode refleksi: Dalam mode refleksi LED dan LDR dipasang berjajar. Sinyal/perubahan cahaya yang dideteksi oleh LDR adalah sinyal pantulan/refleksi. Konfigurasi mode refleksi dapat dilihat pada Gambar 1(b).

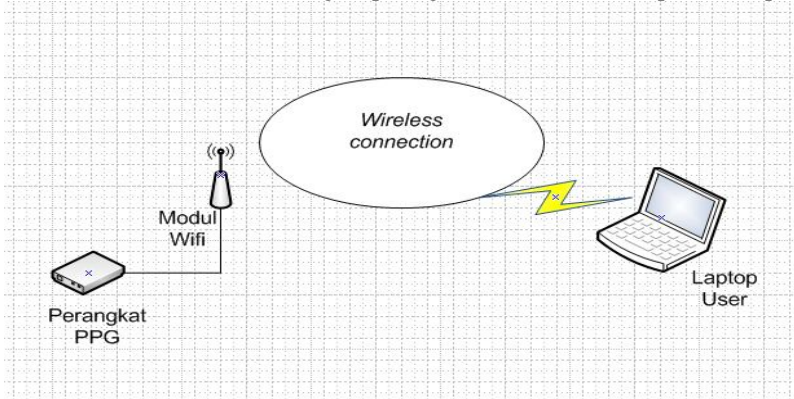


Gambar 1. (a) Mode Transmisi (b) Mode Refleksi

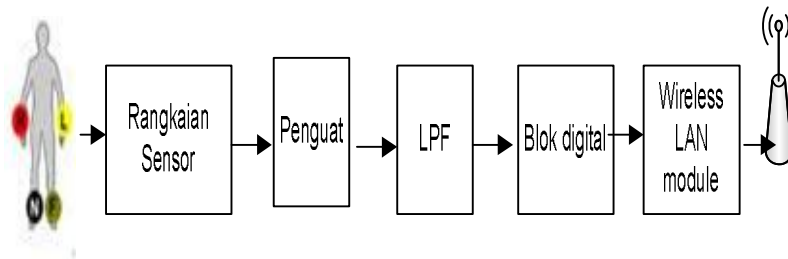
3. Perancangan Sistem

3.1 Diagram Blok Sistem

Sistem PPG dengan *wireless* LAN sebagai pengirim data yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 2. Sinyal PPG pasien diakuisisi menggunakan sensor kemudian datanya dikirim melalui jaringan *wireless* LAN. Data tersebut diterima oleh server untuk ditampilkan, direkam dan dianalisis. Bagian perangkat keras dari PPG dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Skema Sistem *Wireless* LAN *Photoplethysmograph*

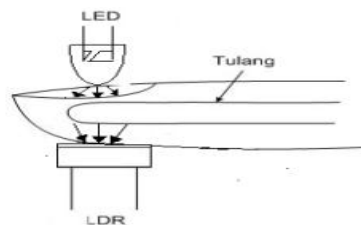


Gambar 3. Perangkat Keras PPG

Sinyal PPG diakuisisi oleh rangkaian sensor kemudian dikuatkan oleh penguat agar mencapai level yang mencukupi untuk menjadi masukan bagi ADC. Untuk menghilangkan *noise* digunakan LPF dan kemudian diubah dan diolah menjadi sinyal digital. Selanjutnya sinyal PPG dikirim melalui modul *wireless* LAN untuk diterima di laptop atau PC.

3.2 Sensor

Untuk mendeteksi adanya perubahan volume darah atau adanya aliran darah menggunakan sensor cahaya yang dibuat menggunakan LED dan LDR dipasang pada jari tangan seperti pada Gambar 4.

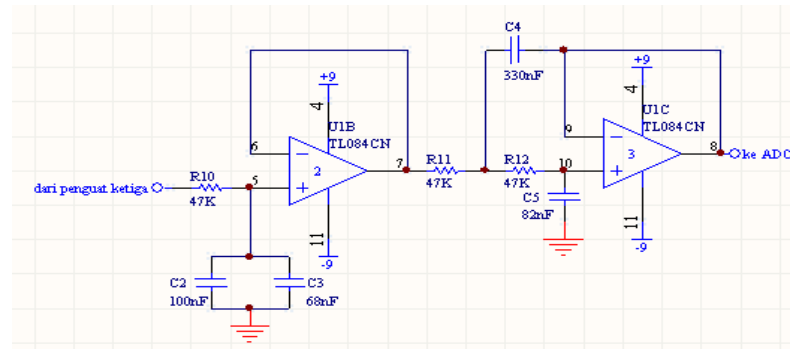


Gambar 4. Konfigurasi Sensor

Perubahan volume darah pada jari akan menyebabkan perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh *Light Dependent Resistor* (LDR). Perubahan intensitas cahaya pada LDR akan menyebabkan fluktuasi nilai resistansi yang berakibat terjadinya fluktuasi tegangan.

3.3 Penguat dan Filter

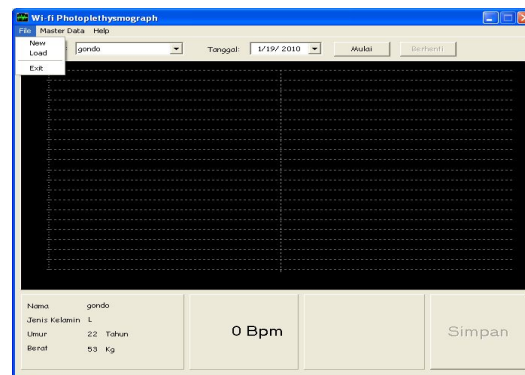
Tegangan luaran sensor relatif sangat kecil umumnya berkisar antara 10-30mV. Agar sinyal dapat diolah dengan mudah pada proses ADC maka tegangan perlu dikuatkan. Penguatan dilakukan bertingkat sebanyak 3 kali. Hal ini dilakukan untuk meminimalisasi *noise* yang ditimbulkan perangkat. Penguat pertama dirancang dengan *gain* sebesar 10 kali, penguat kedua dirancang dengan *gain* 10 kali, dan penguat ketiga dirancang dengan *gain* 5 kali. Penguat ketiga ini diletakkan setelah *low pass filter* (LPF).



Gambar 5. Rangkaian LPF

3.4 Aplikasi Penerima Data PPG Digital

Aplikasi dibuat menggunakan *Borland Delphi 7*. Secara umum aplikasi ini akan memeriksa apakah ada data yang dikirimkan oleh pengirim melalui kanal *wireless LAN*. Setelah data yang dikirimkan diterima, kemudian data hasil pemeriksaan jantung tersebut ditampilkan pada komputer. Setelah data diterima dan ditampilkan, data pasien tersebut dapat disimpan pada *database* yang kemudian untuk pengarsipan data kesehatan jantung pasien.

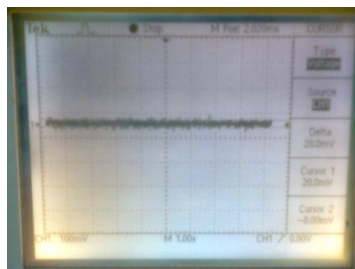


Gambar 6. Tampilan Program Aplikasi

4. Hasil dan Diskusi

4.1 Sinyal Keluaran Sensor

Sinyal keluaran sensor ini merupakan sinyal yang belum mengalami penguatan. Dapat dilihat dari Gambar 7 sinyal keluaran tersebut masih mengandung banyak *noise*, baik yang berupa *noise* dari sensor itu sendiri maupun *noise* jala-jala listrik 50 Hz, sehingga sinyal dasar PPG belum bisa dilihat.



Gambar 7. Sinyal Keluaran Sensor

4.2 Sinyal Hasil Penguatan dan Filtering

Jenis penguatan yang direalisasikan pada penguatan awal ini adalah jenis penguatan *non-inverting* dengan menggunakan 2 blok penguatan *non-inverting* yang disusun secara seri. Penguatan akhir digunakan untuk menyesuaikan sinyal informasi agar mempunyai amplitudo sekitar ± 5 volt disesuaikan dengan karakteristik blok selanjutnya dalam pengolahan sinyal informasi berikutnya. Penguatan yang digunakan pada penguatan akhir ini ± 5 kali dengan konfigurasi *non-inverting*. Sinyal keluaran proses penguatan dan filtering sebelum masuk ke blok digital dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Sinyal Hasil Penguatan dan Filtering

4.3 Realisasi Komunikasi Data Serial

Komponen dari perangkat komunikasi data serial terdiri dari modem UART dan Modem RS-232. Pada rangkaian modem UART terdapat dua proses yang paling penting yaitu proses perubahan data analog menjadi data digital, dan pengaturan format data serial. Proses perubahan data analog menjadi data digital dilakukan oleh IC ADC0804. Hasil dapat dilihat pada Tabel 1.

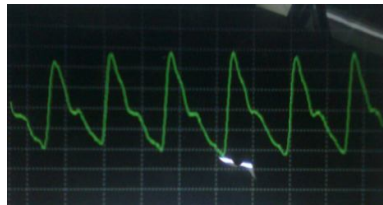
Tabel 1. Tabel Masukan dan Keluaran ADC 0804

Masukan	Keluaran
+5 volt	11111111
0	10000000
-5 volt	00000000

Modem RS-232 direalisasikan menggunakan IC MAX232. Pengukuran pada rangkaian *output* MAX232 meliputi *baudrate* dan level tegangan. Dari hasil pengukuran diperoleh data ukur *baudrate* adalah 2400 bps dan level tegangannya adalah 17,2 Vpp.

4.4 Analisis Data yang Diterima Dari Photoplethysmograph Digital

Data yang diterima dari perangkat berupa data biner. Data tersebut dikirimkan secara *wireless* menggunakan media transmisi udara. Paket yang dikirim masih berbentuk *frame* data karena perangkat *embedded wireless LAN module* bekerja pada *datalink layer* pada *OSI layer*. Data yang diterima kemudian dikonversi menjadi data *buffer* yang kemudian dapat diplot pada posisi grafik. Berikut gambar grafik sinyal.



Gambar 9. Sinyal PPG Pada Software Aplikasi

Sinyal yang diterima terlihat bersih dari *noise* sesuai dengan keluaran terakhir pada blok analog. Untuk itu tidak diperlukan lagi proses *filter* digital.

4.5 Pengukuran Jarak Transmisi

Pengukuran jarak transmisi dilakukan dengan mengukur jarak dengan *delay* yang masih diperkenankan. Hasil pengukuran jarak dan *delay* dapat dilihat pada Tabel 2. Pada jarak 70 m, *delay* maksimum 10 ms, ini jauh di bawah 200 ms yang menjadi batas yang diijinkan.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Jarak Transmisi

Pengukuran	Mean Delay (ms)	
	Jarak 50 m	Jarak 70 m
Pengukuran 1	5,584	8,431
Pengukuran 2	7,465	10,967
Pengukuran 3	9,107	10,139
Rata-rata	7,38533	9,929333

4.6 Pengukuran Hasil Perhitungan Denyut Jantung

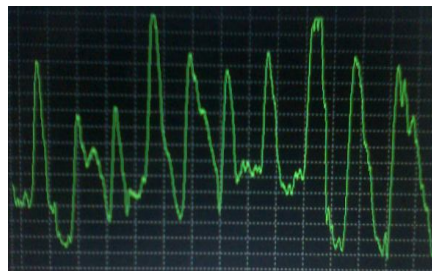
Salah satu kegunaan dari PPG adalah untuk menghitung denyut jantung. Untuk mengetahui akurasi dari kemampuan menghitung denyut jantung dari perangkat PPG yang dibuat, perangkat ini dibandingkan dengan perangkat standar di rumah sakit. Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran PPG yang dibuat tidak berbeda jauh dari hasil pengukuran dengan peralatan standar.

Tabel 3. Data Perbandingan Perhitungan Detak Jantung Dengan Philips Intelvue MP140

Pengukuran	PPG (Bpm)	Philips (Bpm)
1	90	92
2	93	97
3	93	95
4	87	91
5	90	91
6	90	95
7	87	89
8	90	89
9	90	92
10	93	91

4.7 Diskusi

Perangkat dan aplikasi yang dibuat telah bekerja dengan baik. Sinyal yang ditampilkan cukup bagus, bersih dari *noise*. Jarak transmisi terukur sampai 70 m dengan *delay* kurang dari 200 ms. Kesalahan perhitungan denyut jantung rata-rata 3%. Permasalahan yang masih muncul adalah *noise* pergerakan yang masih cukup mengganggu seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. *Noise* Yang Muncul Akibat Pergerakan

Noise seperti ini akan menyebabkan kesalahan dalam perhitungan denyut jantung. Untuk perbaikan perlu dipikirkan proses *filter* lebih lanjut atau skenario penggunaan secara *mobile* yang terbatas.

5. Kesimpulan

Telah direalisasikan perangkat PPG menggunakan *wireless* LAN sebagai transmisi data. Perangkat dibangun menggunakan mikrokontroler, modul *wireless* LAN dan aplikasi yang terpasang di PC/laptop. Jarak transmisi mencapai 70 m dengan *delay* di bawah 200 ms. Masalah yang masih timbul adalah *noise* karena pergerakan yang masih mengganggu.

Daftar Pustaka

- [1] Webster, J. G. (1998). *Medical Instrumentation Application and Design*, John Wiley & Son, Inc, New York.
- [2] Webster, J. G. (2004). *Bioinstrumentation*, John Wiley & Son, Inc, Singapore.
- [3] Datasheet WIZ619wi, http://www.wiznet.co.kr/en/WIZ610wi_Quick_Installation_Guide_Eng_.pdf, diakses terakhir tanggal 1 Juli 2010.
- [4] Putra, Agfianto Eko. (2002). *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55*. Gava Media. Yogyakarta.
- [5] Atmel Corp, Flash Microcontroller, www.Atmel.com, diakses terakhir tanggal 2 Oktober 2010.