

## DESAIN DAN REALISASI PULSE OXIMETER EMBEDDED ETHERNET BERBASIS MIKROKONTROLER AVR ATMEGA8535

Donny Rido Suhada<sup>1</sup>, Achmad Rizal<sup>2</sup>, Junartha Halomoan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

---

### Abstrak

Salah satu perangkat yang merupakan bentuk aplikasi dari photoplethysmograph (PPG) adalah pulse oximeter. Pulse oximeter adalah suatu perangkat medis yang digunakan untuk mengukur kadar oksigen dalam darah melalui pulsa yang dihasilkan dari sensor optik. Umumnya, pulse oximeter memiliki sensor dan layar tampilan yang berdekatan atau bahkan menjadi satu. Sehingga untuk mengetahui hasil pengukuran, pengguna harus berada dekat dengan pulse oximeter dan objek yang diukur.

Untuk memudahkan dan mengefisienkan kinerja ahli medis dalam mengontrol kondisi kesehatan pasien, khususnya dalam mengukur kadar oksigen dalam tubuh pasien, teknologi embedded ethernet dapat diterapkan pada pulse oximeter. Penerapan teknologi embedded ethernet pada pulse oximeter dimaksudkan pula untuk mendukung perkembangan telemedicine saat ini.

Oleh karena itu dalam tugas akhir ini akan dibuat pulse oximeter embedded ethernet berbasis mikrokontroler AVR ATmega 8535. Mikrokontroler AVR ATmega 8535 digunakan sebagai ADC yang masukannya berupa sinyal analog dari sensor optik yang sudah dikuatkan dan difilter, pengolah data dari ADC dan pengubah data paralel menjadi serial. Kemudian data tersebut dikirim ke komputer server melalui modul WIZ110SR yang berfungsi sebagai pengubah protokol serial menjadi protokol TCP/IP. Dengan kata lain, pulse oximeter tersebut akan berfungsi sebagai client yang akan mengirimkan data ke komputer server dengan protokol TCP/IP. Kemudian pada komputer server dibuat suatu perangkat lunak yang dapat menampilkan sinyal PPG dan nilai kadar oksigen pada tubuh pasien. Sehingga para ahli medis tidak perlu lagi mendatangi pasien untuk memonitor kadar oksigen dalam tubuhnya.

**Kata Kunci :** photoplethysmograph (PPG), pulse oximeter, embedded ethernet, telemedicine

---

### Abstract

One device that is a form of application of photoplethysmography (PPG) is the pulse oximeter. Pulse oximeter is a medical device used to measure blood oxygen levels through the pulse generated from the optical sensor. Generally, pulse oximeter has a sensor that is close to the screen display or even become one with the screen. So to find out the measurement results, the user must be close to the pulse oximeter and the measurement object.

To make the job of medical experts become easier and more efficient in controlling the patient's medical condition, particularly in measuring oxygen level in the patient's body, embedded Ethernet technology can be applied to the pulse oximeter. Application of embedded Ethernet technology in pulse oximeter is also intended to support the development of telemedicine today.

Therefore, embedded Ethernet pulse oximeter based on microcontroller AVR ATmega8535 will be made in this final assignment. Microcontroller AVR ATmega8535 is used as ADC with the analog signal produced by optical sensor which has been amplified and filtered as its input, as data processor and as parallel data to serial converter. Then the data is sent to the server computer via WIZ110SR module which has a function as serial protocol to TCP/IP converter. In other words, the pulse oximeter will be the client that will send data to a computer server in TCP/IP format. In server computer, an application will be made to display the PPG signal and the value of oxygen level in the patient's body. So the medical experts do no longer need to visit the patient to monitor oxygen level in his body.

**Keywords :** photoplethysmograph (PPG), pulse oximeter, embedded ethernet, telemedicine

---

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Oksigen merupakan gas yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Manusia membutuhkan kadar oksigen yang cukup dalam tubuh untuk dapat bertahan hidup. Sehingga perlu dilakukan *monitoring* terhadap kadar oksigen pada tubuh manusia.

*Pulse oximeter* adalah suatu perangkat medis yang digunakan untuk mengukur kadar oksigen dalam darah melalui pulsa yang dihasilkan dari sensor optik. *Pulse oximeter* merupakan salah satu bentuk aplikasi dari *photoplethysmograph* (PPG), yaitu perangkat medis yang digunakan untuk mendeteksi/mengukur perubahan volume suatu zat di dalam suatu organ atau seluruh tubuh menggunakan sensor optik. *Pulse oximeter* yang paling populer dan banyak dijual saat ini adalah *finger pulse oximeter*, yaitu *pulse oximeter* yang diletakkan di jari tangan. Umumnya, *pulse oximeter* memiliki sensor dan layar tampilan yang menjadi satu. Sehingga untuk mengetahui hasil pengukuran, pengguna harus berada dekat dengan *pulse oximeter* dan objek yang diukur.

Untuk memudahkan dan mengefisienkan kinerja ahli medis dalam mengontrol kondisi kesehatan pasien khususnya dalam mengukur kadar oksigen dalam tubuh pasien, teknologi *embedded Ethernet* dapat diterapkan pada *pulse oximeter*. Juga sebagai bentuk tindak lanjut dari saran pada penelitian sebelumnya oleh Hardiyanto pada tahun 2010 yang berjudul “*Desain dan Realisasi Sistem Photoplethysmograph (PPG) untuk Menghitung Denyut Jantung Berbasis Embedded Ethernet dan Mikrokontroler AVR ATmega8535*”, untuk mengembangkan sistem PPG yang telah dibuat dalam penelitian tersebut untuk mengukur saturasi oksigen dalam darah. Oleh karena itu dalam tugas akhir ini akan dibuat *pulse oximeter embedded Ethernet* berbasis mikrokontroler AVR ATmega8535. *Pulse oximeter* tersebut akan berfungsi sebagai client yang akan mengirimkan data ke komputer server dengan protokol TCP/IP. Penerapan teknologi *embedded Ethernet* dengan menggunakan protokol TCP/IP pada *pulse oximeter* dapat memungkinkan ahli medis memonitor kesehatan pasien melalui pengukuran kadar oksigen di dalam tubuh pasien dari jarak jauh. Sehingga para ahli medis tidak perlu lagi mendatangi pasien untuk mengukur kadar oksigen di dalam tubuhnya.

## 1.2 Tujuan dan Kegunaan Penulisan

### 1.2.1 Tujuan Penulisan

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan merealisasikan suatu sistem *pulse oximeter embedded Ethernet* berbasis mikrokontroler AVR ATmega8535 dengan parameter sebagai berikut.

- a. Sistem mampu mengakuisisi sinyal PPG dari hasil pancaran LED inframerah dan LED merah.
- b. Sistem mampu mengirimkan data dari mikrokontroler ke PC dengan menggunakan serial to Ethernet gateway.
- c. Sistem mampu melakukan monitoring nilai SpO<sub>2</sub> pada aplikasi *monitoring* yang dibuat di PC.

Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk mempelajari aplikasi PPG dalam menghitung kadar saturasi oksigen dalam darah dan memperoleh hasil penelitian yang mendukung perkembangan *telemedicine* saat ini.

### 1.2.2 Kegunaan Penulisan

Penelitian ini menghasilkan suatu sistem *pulse oximeter embedded Ethernet* yang mampu diakses oleh suatu komputer *server* untuk melakukan *monitoring* nilai SpO<sub>2</sub> seorang pasien.

## 1.3 Permasalahan

Permasalahan dalam mengimplementasikan *pulse oximeter embedded Ethernet* berbasis mikrokontroler AVR ATmega 8535 ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mendapatkan sinyal PPG dari LED inframerah dan LED merah
2. Sinyal PPG LED infra merah dan LED merah yang keluar sensor masih sulit dideteksi karena masih bercampur dengan noise dan SNR-nya sangat rendah. Oleh karena itu sinyal keluaran sensor harus dipisahkan terhadap noise kemudian dikuatkan. Sehingga perlu dilakukan *filtering*, *amplifying* dan *noise reduction* dalam melakukan pemrosesan sinyal.
3. Bagaimana mendapatkan nilai sampel sinyal dari sinyal PPG LED inframerah dan LED merah secara bergantian pada waktu tertentu untuk menghitung nilai SpO<sub>2</sub>.
4. Bagaimana menentukan jumlah persentase nilai SpO<sub>2</sub> dengan benar.
5. Bagaimana cara mengkalibrasi *pulse oximeter*.

6. Bagaimana mendesain suatu sistem *monitoring* di PC untuk pengukuran nilai SpO<sub>2</sub> setiap waktu.

#### 1.4 Pembatasan Masalah

Batasan permasalahan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Blok-blok yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan *pulse oximeter* meliputi blok catuan, *sensor*, *amplifier*, *filter*, mikrokontroler, *analog to digital converter* dan *serial to Ethernet gateway*. *Pulse oximeter* ini akan dikoneksikan ke PC melalui *port Ethernet* dengan menggunakan kabel RJ-45.
2. Sistem *monitoring* pada PC menampilkan nilai SpO<sub>2</sub>.
3. Sistem *monitoring* sinyal keluaran dari *pulse oximeter* diimplementasikan berupa aplikasi yang diprogram menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 7.
4. Modul *Serial to Ethernet gateway* digunakan sebagai pengubah protokol serial menjadi protokol TCP/IP.
5. AVR ATmega8535 digunakan sebagai pengubah sinyal analog menjadi digital, penghitung nilai SpO<sub>2</sub> dan pemrograman serial.
6. *Pulse oximeter* yang dibuat dalam penelitian ini khusus digunakan dalam keadaan objek yang diukur tidak bergerak.
7. Pengimplementasian terbatas hanya satu *client* yang berupa *embedded Ethernet pulse oximeter* dan satu *server* yang berupa komputer.
8. Modul *serial to Ethernet gateway* yang digunakan adalah WIZ110SR yang merupakan produk Wiznet.
9. Tidak membahas lebih lanjut mengenai struktur jaringan, keamanan jaringan dan jenis jaringan yang digunakan.
10. Tidak membahas lebih jauh di sisi medis dan kalibrasi alat secara detail.

#### 1.5 Metode Penelitian

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

##### 1.5.1 Tahap Studi Literatur

Pada tahap ini penulis melakukan studi literatur dari buku-buku referensi guna mempelajari berbagai materi yang berhubungan dengan tugas akhir ini. Hal-hal yang penulis pelajari dalam tahap ini adalah *sensor*, *amplifier*, *filter*, mikrokontroler

AVR ATmega8535 beserta fitur-fitur yang dibutuhkan, *serial to Ethernet gateway* dan bahasa pemrograman yang digunakan.

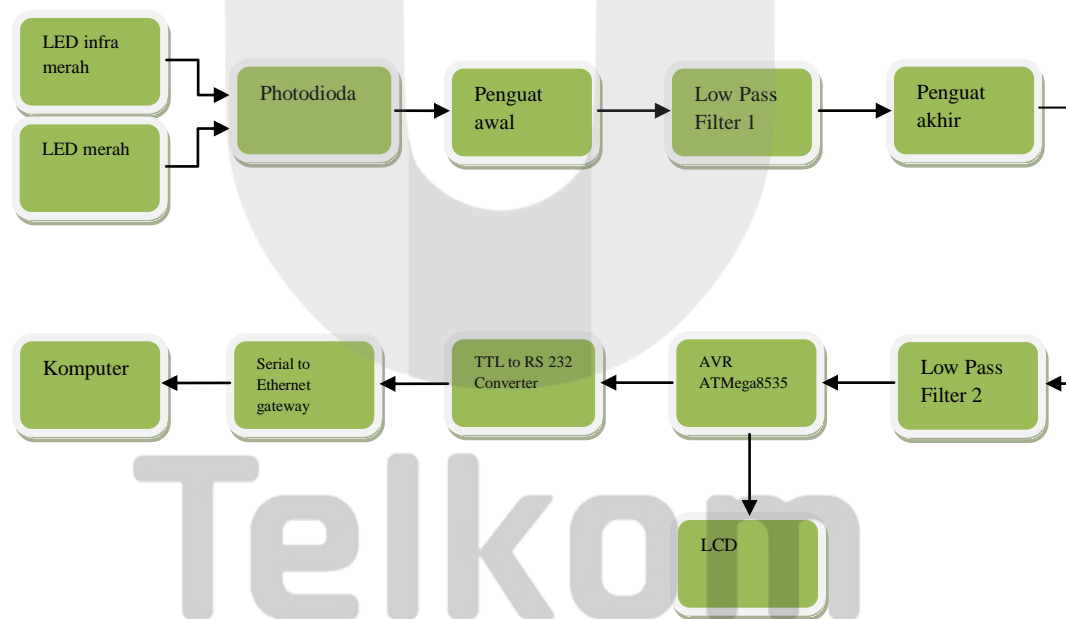
Selain itu, penulis juga melakukan melakukan diskusi dengan pembimbing guna menambah wawasan penulis mengenai karakteristik sinyal PPG dan pengolahannya, *pulse oximeter* dan cara pengkalibrasiannya, elektronika, mikrokontroler dan bahasa pemrograman yang digunakan.

Penulis juga melakukan *searching* di internet guna memperluas pengetahuan penulis mengenai seluruh materi yang akan penulis pelajari seperti yang telah disebutkan sebelumnya.

### 1.5.2 Tahap Perancangan, Realisasi dan Simulasi

#### 1.5.2.1 Perancangan Blok Pulse Oximeter Embedded Ethernet

Berikut ini adalah blok diagram untuk pengkondisian sinyal keluaran dari sensor *pulse oximeter* sebelum mengalami proses selanjutnya di komputer.



Gambar 1.1 Blok *pulse oximeter embedded Ethernet*

Keterangan gambar:

1. *Sensor* yang terdiri dari LED inframerah, LED merah dan photodiode adalah perangkat yang dijepitkan pada bagian jari tangan pasien untuk memperoleh informasi sinyal keluaran *pulse oximeter* pasien tersebut.
2. *Amplifier*/penguat digunakan untuk menguatkan sinyal keluaran sensor.

3. *Filter* digunakan untuk menyaring sinyal dengan frekuensi 0.05 – 20 Hz. Sebab, sinyal keluaran sensor yang merupakan sinyal PPG umumnya terletak pada daerah frekuensi tersebut.
4. Mikrokontroler AVR ATmega8535 digunakan sebagai *analog to digital converter*, yaitu pengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. Selain itu mikrokontroler AVR ATmega8535 digunakan untuk komunikasi serial, yaitu sebagai pembentuk format data RS 232 agar data tersebut dapat dikirimkan ke komputer.
5. *Serial interface* berfungsi untuk melakukan pengkondisian level tegangan sesuai dengan standar RS 232.
6. *Serial to Ethernet gateway* berfungsi sebagai *gateway* yang mampu mengonversi protokol RS 232 menjadi protokol TCP/IP.

### 1.5.2.2 Perancangan Software Monitoring Sinyal Pulse Oximeter

Perancangan software monitoring sinyal keluaran dari *pulse oximeter* menggunakan bahasa pemrograman Delphi 7. Keluaran dari software ini ialah tampilan nilai SpO<sub>2</sub> yang merupakan hasil pengukuran yang dilakukan oleh mikrokontroler..

### 1.5.3 Tahap Pengukuran dan Analisis

#### 1.5.3.1 Pengukuran Sinyal Keluaran Masing-Masing Blok Pulse Oximeter Embedded Ethernet

Setelah merealisasikan blok *pulse oximeter embedded Ethernet*, 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 Analisis Proses Perhitungan Nilai SpO<sub>2</sub>

Setelah merealisasikan blok *pulse oximeter embedded Ethernet*, penulis menganalisis cara perhitungan nilai SpO<sub>2</sub>.

### 1.6 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, metode pengolahan sinyal tersebut, *pulse oximeter*, 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 gateway 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 keluaran dari *pulse oximeter*. Bab ini meliputi skematik dan desain rangkaian elektronika untuk akuisisi sinyal keluaran dari *pulse oximeter* serta diagram alir pemrograman untuk proses *monitoring* dan analisa sinyal keluaran dari *pulse oximeter*.

Bab 4: PENGUKURAN DAN ANALISIS

Berisi mengenai hasil-hasil pengukuran masing-masing blok yang didokumentasikan beserta analisisnya. 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. Sistem *pulse oximeter embedded Ethernet* berbasis mikrokontroler AVR ATmega8535 yang telah direalisasikan dalam penelitian ini berhasil mendeteksi sinyal PPG dari LED inframerah dan LED merah, mengubahnya menjadi digital dengan ADC, menghitung nilai  $SpO_2$  dan mengirimkannya ke PC dengan format serial menggunakan mikrokontroler dan diubah menjadi format TCP/IP oleh WIZ110SR.
2. Lambatnya respon photodiode dalam mengakuisisi sinyal PPG secara stabil dari ketika LED merah atau inframerah mulai dinyalakan menyebabkan proses *switching* LED merah dan inframerah tidak mampu dilakukan secara cepat (dalam orde milisekon).
3. Akurasi sistem *pulse oximeter* yang telah yang telah direalisasikan dalam mengukur nilai  $SpO_2$  dengan menggunakan kalibrasi standar sebesar 79,42108899%. Rendahnya nilai akurasi tersebut disebabkan oleh tidak dilibatkannya komponen DC dari sinyal PPG di dalam perhitungan  $SpO_2$  dan *switching time* yang dilakukan pada LED merah dan inframerah masih terlalu lama yaitu 6 sekon.
4. Akurasi sistem *pulse oximeter* yang telah yang telah direalisasikan dalam mengukur nilai  $SpO_2$  setelah dilakukan regresi linier sebesar 99,47913652%. Tetapi perhitungan nilai  $SpO_2$  pada sistem ini masih belum bisa disetarakan dengan *pulse oximeter* yang sudah digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Karena perhitungan nilai  $SpO_2$  yang dilakukan pada penelitian ini tidak melibatkan nilai  $DC_{RED}$  dan  $DC_{IR}$ , menggunakan *switching time* yang lama untuk mengambil nilai  $AC_{RED}$  dan  $AC_{IR}$ , dan menggunakan regresi linier.
5. Perhitungan nilai  $SpO_2$  dan persamaan yang didapat dari hasil regresi linier pada sistem ini bukanlah perhitungan dan persamaan yang sudah tetap. Algoritma perhitungan nilai  $SpO_2$  dan persamaan regresi linier pada sistem ini masih dapat berubah sesuai dengan hasil penelitian lebih lanjut.
6. *Embedded ethernet module* WIZ110SR sudah berfungsi dengan baik dan berhasil dengan lancar mengubah protokol serial RS 232 menjadi TCP/IP.
7. Sistem *pulse oximeter* masih rentan terhadap pengaruh gerakan.



## 5.2 Saran

1. Pada pengembangan selanjutnya, sebaiknya gunakan photodiode yang memiliki respon cepat dan dikhususkan untuk diaplikasikan pada *pulse oximeter*, biasanya sudah berbentuk IC. Contohnya IC TAOS TSL230R produk dari Texas Instrument.
2. Pada pengembangan selanjutnya sebaiknya juga menggunakan filter yang sudah berupa IC agar menghasilkan filter dengan kriteria yang bagus.
3. Perlu diteliti dan digali lebih lanjut tentang algoritma perhitungan nilai SpO<sub>2</sub> yang lebih praktis dan mudah diterapkan pada berbagai kondisi *hardware* dan berbagai jenis bahasa pemrograman.
4. Dalam penelitian yang berhubungan dengan sinyal PPG, masih harus terus dicari solusi untuk mengatasi pengaruh gerakan terhadap sinyal PPG.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wardhana, Lingga. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR seri ATmega8535*. Jakarta: Penerbit ANDI.
- [2] Webster, J. G. 1997. *Design of Pulse Oximeters*. Great Britain: J W Arrowsmith Ltd, Bristol.
- [3] Hardiyanto. 2007. *Desain dan Realisasi Sistem Photoplethysmograph (PPG) Untuk Menghitung Denyut Jantung Berbasis Embedded Ethernet dan Mikrokontroler AVR ATmega8535*. Bandung: IT Telkom.
- [8] Hadiyoso, Sugondo. 2010. *Sistem Monitoring Photoplethysmograph Digital dengan Wireless LAN (102.11b) sebagai Pengirim Data*. Bandung: IT Telkom.
- [5] <http://id.wikipedia.org/wiki/Telemedis>
- [6] Pulse Oximetry by Amal Jubran, M.D.  
<http://www.biomedcentral.com/content/pdf/cc341.pdf>
- [7] Pulse Oxymeter – Standard (Application Note) by Serhiy Matviyenko  
[http://www.eetasia.com/STATIC/PDF/201002/EEOL\\_2010FEB22\\_STECH\\_A\\_N\\_01.pdf](http://www.eetasia.com/STATIC/PDF/201002/EEOL_2010FEB22_STECH_A_N_01.pdf)
- [8] Pulse Oximetry by Dave Hoff, Roy Zhang, Tad Stalter, Mike Carlson  
[http://www.ett.co.th/product/robot/tcs230/App\\_525\\_proj2.pdf](http://www.ett.co.th/product/robot/tcs230/App_525_proj2.pdf)
- [9] <http://andrisfaesal.blogspot.com/2009/02/mengenal-borland-delphi-70.html>
- [10] <http://id.wikipedia.org/wiki/Ethernet>
- [11] [http://id.wikipedia.org/wiki/Transmission\\_Control\\_Protocol/Internet\\_Protocol](http://id.wikipedia.org/wiki/Transmission_Control_Protocol/Internet_Protocol)

Telkom  
University