

RANCANG BANGUN *PULSE OXIMETRY* MENGGUNAKAN ARDUINO SEBAGAI DETEKSI KEJENUHAN OKSIGEN DALAM DARAH

PULSE OXIMETRY BUILDING DESIGN BY USING ARDUINO AS AN OXYGENIC SATURATION DETECTION IN BLOOD

Umi Salamah

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
Jl. Soepomo, Janturan, Yogyakarta, Indonesia

e-mail: umi.salamah@fisika.uad.ac.id

Abstrak

Kekurangan atau kelebihan oksigen dalam darah akan menimbulkan penyakit dan gangguan kerja tubuh. Pada tingkat tertentu, penyakit tersebut dapat menimbulkan resiko kematian. Oleh karena itu, informasi tentang kejenuhan oksigen dalam darah menjadi hal yang penting untuk dideteksi. Salah satu instrumentasi yang digunakan untuk memantau kejenuhan oksigen dalam darah adalah dengan pulse oximetry. Dalam penelitian ini dirancang bangun pulse oximetry berbasis personal computer menggunakan LED merah dan inframerah sebagai sumber cahaya sedang sensor cahaya yang digunakan adalah fotodiode. Pulse oximetry yang dirancang adalah instrumentasi non invasive yang mana driver LED diletakkan pada ujung jari. Cahaya LED yang terserap jari akan menjadi sinyal yang diumpankan ke fotodiode yang selanjutnya sinyal tersebut akan diubah menjadi sinyal digital oleh Arduino dan diproses lebih lanjut oleh personal computer untuk menampilkan grafik pulse oximetry tersebut. Perangkat lunak untuk mengolah data keluaran Arduino menggunakan Delphi 7, Microsoft Exel dan Mat Lab sebagai perangkat lunaknya. Hasil penelitian ini diperoleh sinyal Photoplethysmography (PPG) Ujung Jari yang representatif dengan sinyal PPG referensi. Pengujian pulse oximetry yang telah dirancang adalah 16 dengan sampel uji random. Dari sampel tersebut, diperoleh 13 sampel uji berada pada prosentase kejenuhan oksigen normal dan 3 sampel uji berada pada prosentase kejenuhan oksigen tidak normal.

Kata kunci: Pulse Oximetry, Arduino, Kejenuhan Oksigen

Abstract

The lack or excess of oxygen in the blood will cause illness and body system disorder. At certain level, the disease can lead to death. For that reason, the information about oxygen saturation in blood becomes important to be identified. One of the devices used to monitor the blood oxygen saturation is pulse oximetry. This research attempt to designed Pulse Oximetry based on personal computer by using red LED and infrared as its light source, while the light sensor used was photodiode. The designed Pulse Oximetry is a non-invasive instrumentation which LED drivers is placed on the fingertips. The LED light goes through the finger will be a signal that is fed to the photodiode and will be converted into digital signals by Arduino and will be processed further by a personal computer to display the pulse oximetry

graphics. This study used Visual Studio, Microsoft Excel, and Mt Lab as its software. The results of this study showed Photoplethysmography (PPG) signal of Fingertips is representative with reference PPG signal. The designed of pulse oximetry has been tested in 16 peoples for random data samples. Of these samples, 13 data samples were obtained at normal oxygen saturation percentage and 3 data samples were not normal percentage of oxygen saturation.

Keywords: Pulse Oximetry, Arduino, Oxygen Saturation

Copyright @ 2016 Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)

I. PENDAHULUAN

Salah satu organ terpenting dalam tubuh manusia adalah darah. Darah merupakan sistem transportasi tubuh yang membawa zat-zat yang dibutuhkan oleh tubuh dan mengedarkannya ke seluruh tubuh. Di antara zat-zat yang terkandung dalam darah juga mempunyai peranan penting dalam pemenuhan oksigen tubuh. Setelah oksigen masuk ke dalam organ pernafasan, yaitu paru-paru, maka selanjutnya akan diangkut oleh darah. Oksigen di dalam tubuh berfungsi untuk pembakaran dan suplai nutrisi.

Jika tubuh manusia kekurangan atau kelebihan oksigen maka akan menimbulkan penyakit dan gangguan sistem kerja tubuh yang lain. Beberapa penyakit yang ditimbulkan karena kekurangan atau kelebihan oksigen antara lain adalah hipoksemia, anemia, dan lain sebagainya. Pada tingkat tertentu, penyakit tersebut dapat menimbulkan resiko kematian [1].

Mengingat pentingnya peranan oksigen dalam tubuh manusia maka informasi tentang kadar oksigen dalam darah merupakan hal yang penting untuk mengetahui kondisi kesehatan tubuh. Sementara itu pada kasus-kasus yang terjadi pada seseorang yang telah menderita suatu penyakit tertentu, yang berkaitan dengan kondisi darah, maka informasi kadar oksigen dalam darah menjadi lebih penting karena akan menjadi salah satu pertimbangan dalam menentukan kebijakan klinis terhadap orang tersebut.

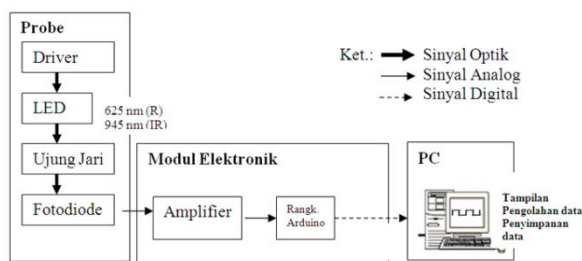
Transport oksigen dalam darah ada dua bentuk yaitu yang terlarut dalam plasma dan terikat dengan hemoglobin. Normalnya, sekitar 97% oksigen yang ditransport dari paru-paru ke jaringan terikat dengan hemoglobin dan sisanya 3 % terlarut dalam plasma [1]. Oleh karena itu, maka akan terlihat perbedaan tertentu warna darah yang mengandung banyak oksigen dan mengandung sedikit oksigen. Berdasarkan hal tersebut maka jika kadar warna merah darah tersebut dapat diketahui maka dapat diketahui pula kadar oksigen darah. Jika sebuah sumber cahaya dapat menembus kulit manusia dan menggambarkan bagaimana spektrum warna darah dalam kulit tersebut, maka akan dapat diketahui kadar oksigen dalam darah orang tersebut.

Pulse oximetry atau alat deteksi kadar oksigen dalam darah, sebenarnya sudah ada pasaran, hanya saja, karena pengadaannya impor, maka jika terjadi kerusakan salah satu komponennya maka tidak dapat diperbaikinya dan hal ini juga tidak mendukung bagi perkembangan sains di Indonesia. Dan lagi, sebagian besar *pulse oximetry* di pasaran mahal dan hanya menampilkan nilai persen kejenuhan O₂ dan denyut nadi, sementara itu sinyal *pulse oximetry* tidak ditampilkan. Mengingat prinsip dasar *pulse oximetry* relatif mudah dan sederhana, maka dalam penelitian ini akan dirancang-bangun serta diuji kinerja *pulse oximetry* buatan sendiri. Dalam penelitian ini,

alat akan dirancang-bangun dengan menggunakan LED merah dan inframerah sebagai sumber cahaya serta *photodiode* sebagai sensor cahaya. Semua komponen ini dapat diperoleh dengan mudah dan murah di pasaran. Sementara untuk kepentingan otomatisasi, alat ini dirancang-bangun berbasis PC (*Personal Computer*) dengan menggunakan arduino sebagai akuisisi datanya. Alat ini berbasis PC karena dirancang khusus sebagai instrumentasi yang berada di dalam suatu ruangan yang permanen dalam suatu instansi kesehatan maupun ruang keluarga. PC dapat mengolah sinyal sehingga dapat menampilkan grafik sinyal, menyimpan data atau data dapat diolah untuk kepentingan lebih lanjut yaitu penentuan kadar oksigen darah pasien.

II. METODE PENELITIAN

Perancangan *pulse oximetry* dilakukan dengan pemilihan komponen optik LED inframerah dan LED merah serta fotodiode, rancangan elektronika, komunikasi digital dan pengolahan sinyal digital. Blok diagram rancang bangun *pulse oximetry* ditampilkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem *pulse oximetry* berbasis *personal computer*

Analisis data dilakukan untuk mendapatkan sinyal PPG dari hasil proses akuisisi data tersebut. Data dapat diambil dengan pengambilan hasil data yang tersimpan dalam file *Microsoft Excel* untuk diolah lebih lanjut. Pengolahan lebih lanjut ini dimaksudkan

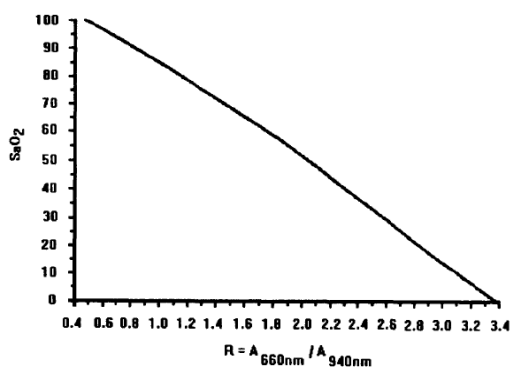
untuk dapat mengestimasi kejenuhan Oksigen (SpO_2) dan denyut nadi darah.

Untuk dapat mengukur nilai SpO_2 harus dihitung terlebih dahulu nilai ratio R_0 yaitu perbandingan amplitudo pulsa sinyal PPG IR dan R. Sesuai dengan persamaan 1, nilai R_0 dinyatakan sebagai:

$$R_0 = \frac{A_{AC_R} / A_{DC_R}}{A_{AC_{IR}} / A_{DC_{IR}}} \tag{1}$$

dengan A_{AC_R} adalah amplitudo sinyal AC merah, A_{DC_R} amplitudo sinyal DC merah, $A_{AC_{IR}}$ amplitudo sinyal AC inframerah, dan $A_{DC_{IR}}$ amplitudo sinyal DC inframerah.

Nilai R_0 yang diperoleh dapat diplot terhadap nilai SpO_2 terukur langsung dari darah seorang relawan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini. Grafik ini menjadi grafik standart kedokteran untuk alat *pulse oximetry* [2].



Gambar 2. Grafik kurva kalibrasi antara nilai SpO_2 dengan R_0 atau grafik standart medis *pulse oximetry* [6].

Nilai R_0 ini berkorelasi dengan SpO_2 dengan persamaan empirik sebagai berikut:

$$SpO_2 = 110 - 25R_0 \tag{2}$$

Persamaan empirik (2) ini merupakan pendekatan linear yang digunakan untuk mengoreksi kesalahan pada nilai terukur. Kesalahan ini adalah akibat pengambilan asumsi bahwa hanya dua zat saja yang berinteraksi dengan cahaya R (*Red*) dan IR (*Infrared*) yaitu HbO₂ dan Hb [3].

III. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

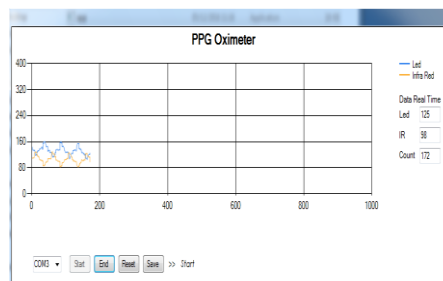
Gambar 3 menunjukkan fotograf rangkaian elektronik rancang bangun pulsa oximeter. Sistem *hardware* tersebut terdiri atas arduino yang dirangkai dengan rangkaian *probe* yang terdiri atas sepasang LED sebagai sumber cahaya dan fotodiode sebagai sensor.



Gambar 3. Fotograf Modul Elektronik Pulse Oximetry

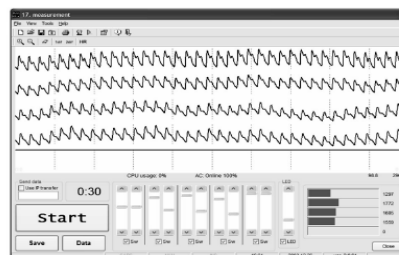
Kadar kejenuhan oksigen dalam darah dapat diketahui dari sinyal PPG yang dihasilkan oleh pulse oximetry yang telah dirancang bangun dalam penelitian ini. Sinyal PPG yang dapat dideteksi dalam penelitian ini berbentuk sebuah bentuk gelombang pulsatil ('AC') dengan frekuensi determinatif dan yang dilapisi perubahan sinyal dengan frekuensi lemah. Menurut Gonzales dkk.[4], sinyal AC ini menunjukkan tanda sinkronisasi antara perubahan volume darah, terutama pada arteri darah dengan setiap denyut nadi (heart beats). Kenaikan volume darah arteri menyebabkan penurunan jumlah cahaya yang menjangkau sensor fotodiode. Karakteristik amplitudo AC (pulsatil darah) untuk IR menunjukan kemiripan dengan R. Denyut pulsa sebagai tanda aktivitas denyut nadi menunjukkan antara IR dan R juga hampir sama. Sedangkan sinyal pelapis frekuensi rendah terkait dengan aktivitas pernafasan, sistem saraf simpatik, termoregulasi, dan juga mungkin noise

eksperimen. Sementara itu sinyal konstan ('DC') terkait dengan serapan cahaya yang konstan oleh tulang, kuku, jaringan tubuh non vaskular, darah vena, berbagai struktur sel lainnya [5]. Karakteristik amplitudo AC IR dan R dalam penelitian ini ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Karakteristik amplitudo AC IR dan R Pulse Oximetry

Sinyal PPG yang dihasilkan dalam penelitian ini mempunyai kemiripan dengan sinyal PPG hasil penelitian lain yang dapat digunakan sebagai referensi seperti yang ditampilkan pada Gambar 5.



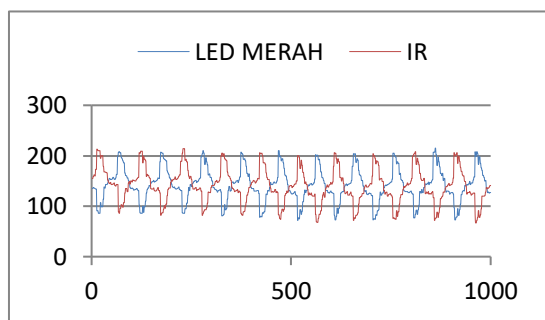
Gambar 5. Sinyal PPG yang terdiri dari empat channel [6]

Dalam penelitian ini, hasil rancang bangun Pulse Oximetry ini berhasil diujikan pada ujung jari 16 orang relawan sebagai sampel secara *in vivo*. Sampel bersifat random dan hanya sebagai sampel uji untuk mengetahui profil sinyal photoplethysmography (PPG) belaka. Data sampel uji disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Data sampel uji sinyal PPG

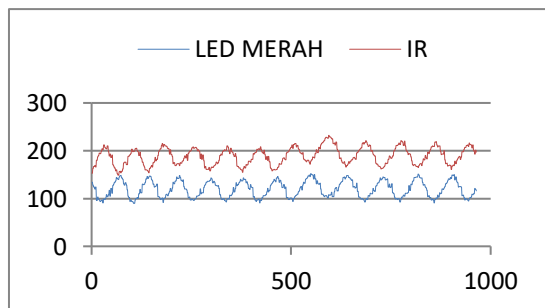
No	Usia	Jenis Kelamin
Sampel A	20 Thn	Laki-laki
Sampel B	20 Thn	Perempuan

Profil bentuk gelombang (*waveform*) sinyal PPG kawasan waktu (*time domain*) dari kedua sampel tersebut baik dengan menggunakan LED merah (R) maupun inframerah (IR) sampel A ditunjukkan pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Profil sinyal PPG sampel A

Nampak dari Gambar 6 bahwa sinyal PPG sangat jelas dapat dibedakan secara determinatif antara R dan IR. Sedangkan profil sinyal PPG sampel B ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Profil sinyal PPG Sampel B

Hasil uji Sampel B ditunjukkan pada Gambar 7. Nampak juga bahwa bentuk gelombang sinyal PPG dapat dibedakan secara determinatif antara IR dan R. Denyut pulsatil darah juga mirip, sebagaimana yang

ditunjukkan seperti hasil pada Sampel A Gambar 6 sebelumnya. Namun, jika dibandingkan dengan Sampel A, pada Sampel B amplitudo AC IR lebih kuat dibandingkan dengan AC R. Menurut Korpas dan Halek [7], perbedaan amplitudo ini menunjukkan aktivitas kardiovaskular yang berbeda dari sampel uji.

Adapun nilai SPO₂ yang mencerminkan kejenuhan oksigen dalam darah, ditunjukkan pada Tabel.2 di bawah ini.

Tabel 2. Kadar SPO₂

No.	Nilai Ro	SPO ₂ (%)
Sampel A	1,01	84,75
Sampel B	1,14	81,69

Dari data yang diperoleh prosentase SPO₂ yang berbeda. Normalnya 97% oksigen ditransport dari paru-paru ke jaringan, terikat dengan hemoglobin. Sedang, kadar kejenuhan oksigen dalam darah dapat dikatakann normal antara 70 % sampai dengan 100%. Perbandingan amplitudo AC-DC LED merah dengan Inframerah sinyal PPG yang tercermin pada nilai Ro menunjukkan keadaan normal pada nilai 0,3 s.d 1,7 [1]. Merujuk hal tersebut, pada Tabel 4.2 di atas terlihat ada beberapa data sampel yang berada pada kondisi normal. Namun demikian, informasi yang diperoleh pada hasil uji sampel dalam penelitian ini, merupakan informasi awal yang masih membutuhkan analisis lebih lanjut untuk memutuskan kondisi kesehatan darah data sampel tersebut.

IV. KESIMPULAN

Dapat dirancang bangun Pulse Oximetry dengan LED merah, infrared dan fotodiode yang berbasis *personal computer* menggunakan Arduino. Nilai SPO₂ dari Sampel A adalah 84,75 % sedangkan Sampel B adalah 81,69 %. Kedua sampel

tersebut dalam keadaan kejenuhan oksigen normal.

UCAPAN TERIMA KASIH

LPP UAD yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fikri B dan Ganda IJ. *Transpor Oksigen*, Skripsi Bagian Ilmu Kesehatan Anak Fakultas Kedokteran Universitas Hasanudin tidak dipublikasikan; 2005.
- [2] Smiths Medical PM, Inc. How can SpO₂ readings differ from manufacturer to manufacturer, *Smiths Medical PM Inc. Manual Pulse Oximetry*; 2007. Terdapat pada: [https://www.medexsupply.com/images/How%20can%20SpO₂%20readings%20differ.pdf](https://www.medexsupply.com/images/How%20can%20SpO2%20readings%20differ.pdf)
- [3] Rush TL, Sankar R, dan Scharf JE. *Signal Processing Methods for Pulse Oximetry*. Marshfield Medical Research Foundation, Department of Electrical Engineering, University of South Florida, USA; 1995.
- [4] Gonzalez R, et al. A Computer Based Photoplethysmographic Vascular Analyzer through Derivatives. *Computers in Cardiology*. 2008; **35**: 177–180. DOI: <https://doi.org/10.1109/CIC.2008.4749006>
- [5] Johnston WS. *Development of a Signal Processing Library for Extraction of SpO₂, HR, HRV, and RR from Photoplethysmographic Waveforms*. Tesis Master Sciences, Worcester Polytechnic Institute; 2006.
- [6] Spigulis J. Optical noninvasive Monitoring of Blood Skin Pultations. *Applied Optic*. 2005; **44**(10): 1851-1857. Terdapat pada: <http://home.lu.lv/~spigulis/AppOpt-2005.pdf>
- [7] Korpas D dan Halek J. Pulse wave variability within two short-term measurements. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*. 2006; **150**(2): 339–344. Terdapat pada: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17426803>