

Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Hemoglobin dan Oksigen Dalam Darah dengan Sensor Oximeter Secara Non-Invasive

Pricilia Yelana Mallo⁽¹⁾, Sherwin R.U. A. Sompie⁽²⁾, Benefit S. Narasiang⁽³⁾, Bahrin⁽⁴⁾,
1.Mahasiswa S1 T. Elektro Fakultas Teknik UNSRAT, 2,3,4, Dosen Jurusan Teknik Elektro UNSRAT
Jurusan Teknik Elektro –FT, UNSRAT, Manado-95115, Email : mallopriciliayelana@gmail.com

Abstrak-Perkembangan teknologi komponen yang sudah modern memungkinkan untuk membuat suatu peralatan/instrumentasi yang praktis, kompak, handal, efektif dan efisien. Bidang kesehatan sebagai salah satu komponen penting kehidupan juga tidak luput dari dukungan teknologi. Pulse oximeter adalah suatu metode non-invasive untuk mengukur persentase hemoglobin (Hb) yang saturasi dengan oksigen di dalam darah. Metode ini menggunakan perbedaan panjang gelombang dari cahaya merah (660 nm) dan cahaya inframerah (940 nm) yang ditangkap oleh photodiode. Perancangan alat ukur ini menggunakan Sensor Oximeter, Mikrokontroler dan LCD. Data dari oxysensor dikirim ke mikrokontroler kemudian ditampilkan di LCD. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai SpO2 tugas akhir dengan Index 2XL SpO2 simulator. Rata – rata %error yang diperoleh dari pengujian adalah 3,84%.

Kata kunci : Sensor Oximeter, Mikrokontroler, LCD.

Oximeter pulsa menggunakan LED merah dan inframerah serta fotodiode. LED merah dan inframerah memiliki serapan panjang gelombang yang berbeda. Panjang gelombang untuk LED merah adalah 660nm dan LED inframerah 940nm. Kedua LED berfungsi sebagai pemancar dan fotodiode sebagai penerima. LED ini mentransmisikan cahaya melalui pembuluh darah dan fotodiode menerima output dari kedua LED. Output dari fotodiode kemudian dapat digunakan untuk menghitung persentase konsentrasi oksigen.

Dengan latar belakang di atas, maka dengan menggunakan sensor oximeter, dibuat tugas akhir dengan judul: “Rancang Bangun Alat Ukur Hemoglobin dan Oksigen dalam Darah dengan Sensor Oximeter Secara Non-Invasive.”

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komponen yang sudah modern memungkinkan untuk membuat suatu peralatan/instrumentasi yang praktis, kompak, handal, efektif dan efisien. Bidang kesehatan sebagai salah satu komponen penting kehidupan juga tidak luput dari dukungan teknologi. Hal ini dapat dilihat dari pekerjaan yang dahulu dikerjakan secara manual kini telah diganti dengan peralatan elektronik.

Hemoglobin merupakan molekul protein di dalam darah yang dapat mengikat oksigen. Salah satu indikator yang sangat penting dalam suplai oksigen di dalam tubuh adalah oksigen saturasi. Karena oksigen saturasi bisa menunjukkan apakah hemoglobin dapat mengikat oksigen atau tidak.

Sehingga kekurangan oksigen yang beresiko pada kerusakan organ – organ penting dalam tubuh dapat ditanggulangi. Apalagi pada pasien yang baru selesai menjalani operasi, ataupun yang mengalami gangguan pernapasan dan kardiovaskuler sangat membutuhkan pemantauan terhadap oksigen saturasi.

II. DASAR TEORI

A. Darah

Darah manusia adalah cairan jaringan tubuh. Fungsi utamanya adalah mengangkut oksigen yang diperlukan oleh sel – sel di seluruh tubuh. Darah juga menyuplai tubuh dengan nutrisi, mengangkut zat – zat sisa metabolisme, dan mengandung berbagai bahan penyusun sistem imun yang bertujuan mempertahankan tubuh dari berbagai penyakit.

Komposisi darah dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu:

- Korpuskula : 45%
- Plasma darah : 55%

A. Korpuskula

Di dalam korpuskula terdapat :

- Eritrosit (Sel darah merah).

Kandungannya sebesar 90%

Fungsi : Eritrosit mengandung hemoglobin yang berfungsi mengedarkan oksigen.

- Trombosit (Keping – keping darah)
Kandungannya : 0,6% - 1,0%
Fungsi : Membantu proses pembekuan darah.
- Leukosit (Sel darah putih)
Kandungannya kira – kira 0,25%
Fungsi : Menjaga sistem kekebalan tubuh,
Membunuh bakteri atau virus yang mencoba masuk ke dalam tubuh.

B. Plasma darah

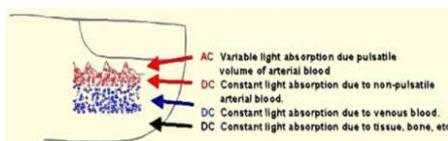
Pada dasarnya plasma darah adalah larutan air yang mengandung:

- Albumin
- Bahan pembeku darah
- Hormon
- Berbagai jenis protein
- Berbagai jenis garam

Darah manusia berwarna merah terang ketika terikat pada oksigen. Warna merah pada darah disebabkan oleh hemoglobin, protein pernapasan (*respiratory protein*) yang mengandung besi dalam bentuk heme, yang merupakan tempat terikatnya molekul – molekul oksigen. Dan ketika oksigen dilepas maka warna eritrosit akan berwarna lebih gelap, dan akan menimbulkan warna kebiru – biruan pada pembuluh darah dan kulit. Dengan adanya perubahan warna darah ini bisa dimanfaatkan untuk mengukur kejenuhan oksigen pada darah arterial.

B. Pulse Oximeter

Pulse Oximeter adalah suatu alat ukur dengan menggunakan metode non-invasive untuk memonitoring oksigen saturasi (SpO_2) dalam arteri dari hemoglobin dan denyut jantung, dua faktor yang bersifat menandakan dari banyaknya kekacauan *cardio-pulmonary*. Sekarang ini *pulse oximeter* banyak digunakan di tempat pelayanan rehabilitasi, monitoring pasien anesthesia, seperti halnya melakukan monitoring tentang hal penting dalam bagian besar rumah sakit umum.



Gambar 1 Ide dasar *pulse oximeter*



Gambar 2 Mikrokontroler ATmega8535

C. Mikrokontroler ATmega 8535

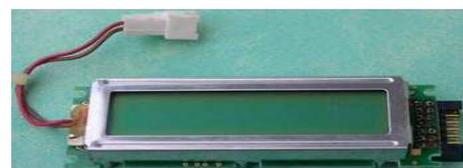
Mikrokontroler dengan arsitektur RISC kini semakin berkembang pesat dan semakin banyak di minati dalam aplikasi sistem kendali. Salah satu jenis mikrokontroler RISC yang banyak beredar di pasaran adalah mikrokontroler AVR. ATmega8535 adalah mikrokontroler AVR (*alf and Vegard's Risc processor*) memiliki arsitektur RISC 8-bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (*16-bit words*) dan sebagian besar instruksi MCS-51 yang membutuhkan 12 siklus clock. Ini terjadi karena AVR berteknologi RISC (*Reduce Instruction Set Computing*) atau memiliki set instruksi yang lebih sederhana, sedangkan seri MCS_51 berteknologi CISC (*Complex Instruction Set Computing*) atau set instruksi yang kompleks. Bentuk fisik dari Mikrokontroler ATmega 8535 dapat dilihat pada gambar 2 di atas.

D. Modul LCD (*Liquid Crystal Display*) M1632

M1632 merupakan modul LCD matrix dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan setiap karakternya dibentuk oleh 8 baris pixel dan 5 kolom pixel (1 baris pixel terakhir adalah kursor). HD44780 ini telah tersedia dalam modul M1632 yang dikeluarkan oleh Hitachi.

- Pin data dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
- Pin RS (*Register Select*) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika *low* menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika *high* menunjukkan data.
- Pin R/W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika *low* tulis data, sedangkan *high* baca data.
- Pin E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.

Pin Vo berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 K Ω , jika



Gambar 3 LCD

- tidak digunakan dihubungkan ke *ground*, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 volt.

E. Catu Daya

Sebagian besar piranti elektronika membutuhkan tegangan DC untuk bekerja. Meskipun baterai berguna dalam piranti yang bisa di bawa-bawa atau piranti berdaya rendah, akan tetapi waktu operasinya terbatas. Sumber daya yang mudah dapat dibuat dari sebuah rangkaian yang dapat mengubah tegangan AC menjadi tegangan. Sebuah *power supply* dapat dibuat dengan tiga buah komponen utama, yaitu transformator, dioda penyearah dan kapasitor *filter*.

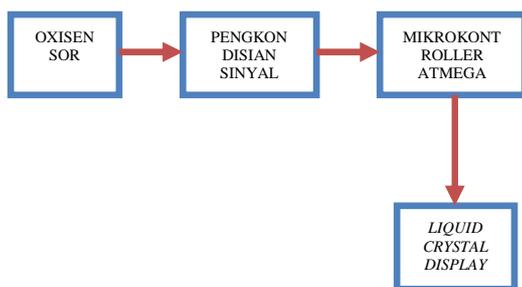
III. PERANCANGAN SISTEM

A. Skema Perancangan Sistem

Diagram blok dari sistem yang telah dirancang adalah sebagai seperti pada gambar 3.1 sebagai berikut :

Fungsi – fungsi tiap blok adalah sebagai berikut:

1. Oxisensor berfungsi untuk mendeteksi perubahan cahaya pada ujung jari.
2. Pengkondisian sinyal merupakan rangkaian penguatan yang akan memisahkan sinyal AC dan DC yang akan menjadi *input* mikrokontroler.
3. Mikrokontroler berfungsi untuk mengendalikan macam – macam *peripheral* yang terhubung pada sistem, yaitu Oxisensor dan LCD. Selain itu, mikrokontroler berfungsi sebagai tempat mengolah data dari pengkondisian sinyal.
4. LCD (*Liquid Crystal Display*) berfungsi sebagai penampil data yang diperoleh dari sensor agar kita langsung dapat melihat hasilnya secara visual.



Gambar 4 Diagram Blok Rangkaian

B. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

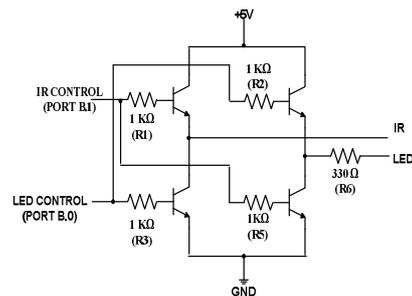
Dari diagram blok yang telah dijelaskan di atas dapat diuraikan menjadi rangkaian-rangkaian dan konfigurasi penunjang sistem sesuai dengan blok diagram. Akan dijelaskan satu per satu rangkaian penunjang sistem pada sub bab selanjutnya.

B.1 Rangkaian Driver Oxisensor

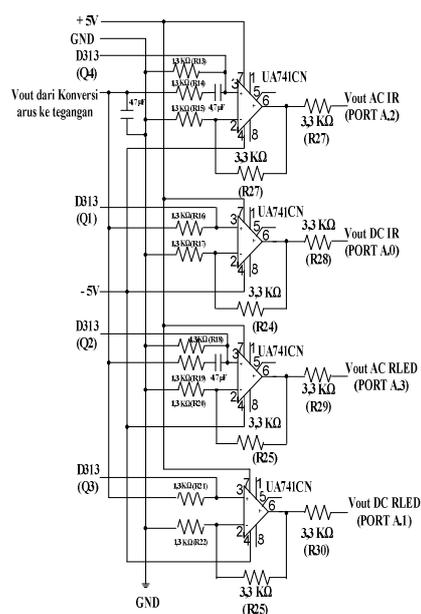
Rangkaian *driver* oxisensor merupakan rangkaian yang akan membuat oxisensor bekerja, seperti pada gambar 5 di bawah.

B.2 RPS (Rangkaian Pengkondisian Sinyal)

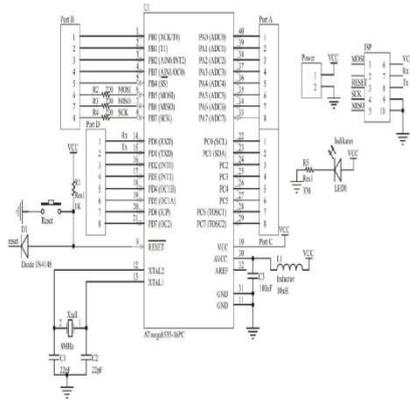
Data AC dan DC menjadi input ke mikrokontroler pada port A0 untuk data DC dan port A1 untuk data AC. seperti pada gambar 6. Suplai tegangan sehingga op-amp dapat bekerja dengan baik adalah +5 volt dan -5 volt.



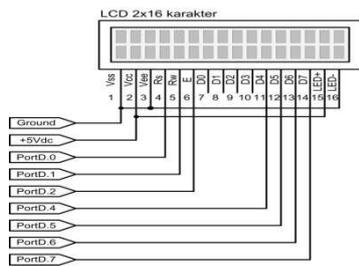
Gambar 5 Rangkaian Driver Oxisensor



Gambar 6 Rangkaian Filter AC dan DC LED



Gambar 7 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535



Gambar 8 Rangkaian skematik LCD

B. 3 Perancangan Sistem Minimum Mikrokontroler

ATmega8535

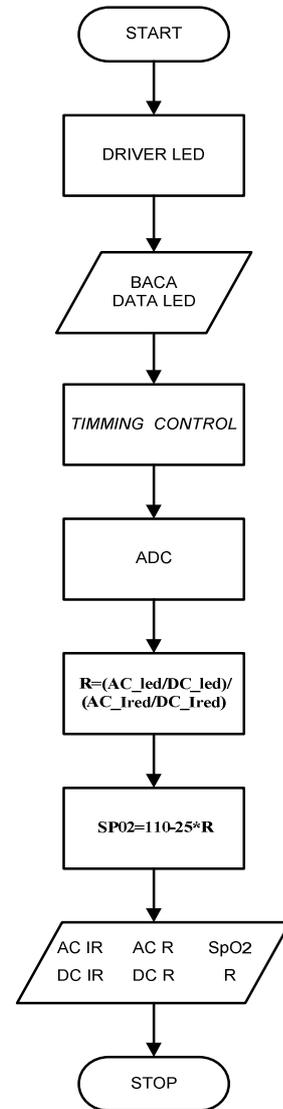
Seperti di gambar 7 di atas Port A digunakan sebagai input dari sensor MQ-3, sedangkan Port D0-D5 digunakan untuk tampilan ke LCD (*Liquid Crystal Display*). Semua port yang ada pada ATmega8535 memiliki internal *pull-up*, jadi tidak memerlukan eksternal *pull-up*. Semua port dapat di set sebagai *input* atau *output*, karena semua port dapat memiliki internal *pull-up* sebagai input digital yang dapat berupa masukan tanpa *pull-up* atau *flating*. Contohnya Port A sebagai input ADC, dapat juga diset sebagai output dengan keluaran *active-low* atau *active-high*.

B.4 Rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*)

Rangkaian skematik konektro dari LCD (*Liquid Crystal Display*) yang dihubungkan ke mikrokontroler dapat dilihat pada gambar di 8 di atas.

C. Diagram Alir Program

Di bawah ini adalah *flowchart* dari program yang direncanakan dalam pemrosesan data.



Gambar 9 *Flowchart* Program

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan dengan SpO₂ simulator, Index 2XL. Pengujian dilakukan untuk mengetahui keakuratan probe oxisensor dan sistem keseluruhan dengan cara:

1. Pengujian probe oxisensor terhadap LED dan photodiode, seperti pada gambar 10.

>> Pada Index 2XL berlaku 1.0 mA untuk sinyal sumber arus AC untuk LED merah dan inframerah. Indeks 2XL melakukan pengujian kelistrikan pada setiap dioda untuk mengkonfirmasi fungsinya dengan benar. Jatuh tegangan setiap elemen diukur dan ditampilkan. Nilai dapat berkisar 0.0 – 2.0 :

- 0.0 V = LED *shorted*
- 1.4 +/- V = LED OK



Gambar 10 *Printscreen Simulator*



Gambar 11 *Printscreen Simulator*



Gambar 12 Pengujian alat menggunakan Index 2XL SpO2 Simulator

TABEL 1 HASIL DARI PENGUJIAN PADA SISTEM

- Setiap nilai 4,0 atau lebih besar akan ditampilkan sebagai “>4.0”

>>PHTO dalam keadaan baik jika nilainya sekitar 0.6 V. Sebagai contoh, nilai yang baik untuk LED tipe Nellcor adalah 1,6 V, seperti pada gambar 11. Jika hasilnya 0 atau 2 adalah nilai yang buruk, karena 0.0 V mengindikasikan *short circuit* dan 2 V adalah *open circuit*. Setelah melakukan pengujian terhadap probe oxisensor, diperoleh nilai:

R (Led merah) = 1.6 V
 IR(Inframerah) = 1,1 V
 P(Photodioda) = 0,56 V

Jadi probe oxisensor dalam keadaan baik untuk digunakan.

2. Pengujian terhadap sistem keseluruhan dilakukan dengan membandingkan nilai SpO₂ simulator dengan SpO₂ TA. Simulator telah diset terlebih dahulu kemudian dihubungkan ke SpO₂ TA. Seperti pada gambar 12 di bawah.

No	SpO ₂ Index 2XL (%)	SpO ₂ TA (%)	%error
1	35	38,7	10,57
2	37	38,9	5,14
3	49	50,3	2,65
4	51	50,5	0,98
5	53	52,7	0,57
6	55	60,9	10,73
7	57	60,8	6,67
8	59	57,4	2,71
9	61	58,4	4,26
10	63	60,0	4,76
11	65	60,7	6,62
12	67	69,8	4,12
13	68	67,1	1,32
14	69	66,9	3,04
15	70	75,5	7,9
16	72	74,9	4,03
17	74	74,7	0,9
18	76	75,4	0,8
19	78	79,8	1,3
20	80	89,3	11,6
21	82	79,9	2,6
22	84	86,4	2,9
23	86	89,5	4,1
24	88	87,5	0,6
25	90	89,9	0,1
26	92	90,8	1,3
27	94	91,5	2,7
28	96	98,2	2,3
29	98	94,5	3,57
30	100	95,6	4,4

Pengujian kalibrasi pada SpO₂ TA (Tugas Akhir) dengan menggunakan SpO₂ Index 2XL memiliki rata – rata persen ketelitian sebesar 3,84%. Sehingga alat SpO₂ TA ini dapat dikatakan akurat.

Pengujian berikutnya dilakukan kepada beberapa responden. Untuk membandingkan nilai SpO₂ yang dihasilkan dari setiap jari yang ada di tangan kiri dan kanan.

TABEL 2 PERBANDINGAN NILAI SpO₂ ANTARA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN

Nama	SpO ₂ (%)									
	Tangan Kiri					Tangan Kanan				
	Jempol	Telunjuk	Tengah	Manis	Kelingking	Jempol	Telunjuk	Tengah	Manis	Kelingking
Victor	89,9	93,2	91,6	92,0	92,8	88,6	93,8	92,8	91,3	92,9
Kirv	96,5	97,6	98,6	98,5	99,7	92,2	96,8	95,5	96,2	98,1
Ivan	88,1	92,4	89,9	89,4	91,3	87,0	91,9	89,3	89,5	91,1
Reo	90,1	90,5	90,7	90,1	92,1	89,1	90,4	89,3	89,5	91,1
Wresi	92,9	96,5	95,9	99,2	98,6	92,0	95,5	94,8	99,2	97,3
Marcel	90,3	93,7	91,1	93,1	96,9	90,3	94,6	92,5	93,2	95,5
Ela	89,6	90,9	89,5	91,1	96,1	89,1	92,9	89,0	89,7	92,1
Obet	88,3	93,1	87,2	88,9	88,8	86,7	92,0	87,0	86,5	91,1
Eral	88,2	92,7	90,5	92,4	95,1	87,5	93,6	92,2	90,5	93,1
Lia	92,0	98,2	95,9	96,1	95,6	92,5	96,4	94,1	94,8	96,6

Nilai antara tangan kiri dan tangan kanan menghasilkan nilai yang tidak jauh berbeda. Rata – rata nilai tertinggi SpO₂ pada tabel 2 dihasilkan pada jari telunjuk dan jari kelingking. Penulis memilih jari yang paling akurat untuk dilakukan pengukuran SpO₂ adalah jari telunjuk. Hal ini dikarenakan jari telunjuk memiliki ukuran jari yang sesuai dengan sensor oximeter.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada alat, bisa disimpulkan bahwa:

1. Level nilai pengujian %SpO₂ yang disetting pada Index 2XL SpO₂ Simulator terbatas pada 35% - 100%.
2. Untuk mengubah nilai level pada Index 2XL hanya bisa dilakukan dengan kelipatan 2. Baik untuk menaikkan nilai level ataupun menurunkannya.
3. Rata – rata %error antara Index 2XL dan SpO₂ TA adalah 3,84%. Sehingga jika menggunakan alat ini, hasil sesungguhnya ± 3,84% dari hasil pengukuran alat ini.
4. Nilai antara tangan kiri dan tangan kanan menghasilkan nilai yang tidak jauh berbeda. Rata – rata nilai tertinggi SpO₂ pada tabel 2 dihasilkan pada jari telunjuk dan jari kelingking. Penulis menyimpulkan bahwa jari yang paling akurat untuk dilakukan

pengukuran SpO₂ adalah jari telunjuk. Penulis memilih jari telunjuk karena jari telunjuk memiliki ukuran jari yang sesuai dengan sensor oximeter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H.Andrianto. *Pemograman Mikrokontroler AVR ATmega 8535 Menggunakan Code Vision AVR*. Bandung. 2008
- [2] A .A, Putra, A.Md. *Rancang Bangun Oximetry Digital Berbasis Mikrokontroler*. Surabaya: Politeknik Negri Surabaya. 2008.
- [3] F.Biomedical,. *User Manual Index 2XL SpO₂ Simulator*. USA: Fluke Corporation. 2007.
- [4] J.Smith,; R. Roberts, *Vital Signs for Nurses An Introduction to Clinical Observations*. Wiley-Blackwell. 2011.
- [5] A.Winoto. *Mikrokontroler AVR ATmega 8/16/32/8535*. Bandung. 2010.
- [6] D.Wiyono,S.T. *Panduan Praktis Mikrokontroler Menggunakan Combo AVR-51 Starter Kit dan DT-Combo AVR Exercise KIT. Keluarga AVR Surabaya*. 2007.

Tersedia di : [Http://datasheetATmega8535.com](http://datasheetATmega8535.com)

I. Prasetyono, *Kombinasi atau Susunan Darah*. Tersedia di: <http://iwanprasetyono.blogspot.com/2012/03/komposisi-atau-susunan-darah.html>

Tersedia di:[Http://pinouts.ru/PortableDevices/Nellcore_shtml](http://pinouts.ru/PortableDevices/Nellcore_shtml)