

**STIMULATOR  $SpO_2$   
BERBASIS MIKROKONTROLER ATmega 328**

**Naskah Publikasi**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat D3**

**Program Studi D3 Teknik Elektromedik**



**Diajukan oleh :  
KHOLIQ SYAIFUDIN  
2014010067**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTROMEDIK  
PROGRAM VOKASI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2018**

# ***SpO<sub>2</sub>* STIMULATOR USING MICROCONTROLLER ATmega 328**

(Kholiq Syaifudin<sup>1</sup>, Tatiya Padang Tunggal<sup>2</sup>, Agus Susilo Wibowo<sup>3</sup>)

Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Jln. Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, D.I.Y.  
kasinokadir@gmail.com

## **ABSTRACT**

*Pulse Oximeter or Oxygen Peripheral Capillary Saturation (SPO<sub>2</sub>) used to monitor the saturation or oxygen content in the patient's blood (artery) and heart rate in one minute without surgery or non-invasive. Given the importance of the accuracy and precision of the SPO<sub>2</sub> pulse oximeter in the diagnosis, in the process of treatment and inspection of the equipment, the function test and calibration of SpO<sub>2</sub>. SpO<sub>2</sub> function and calibration test requires signal input from the heart and hemoglobin color change. The pulse simulation of the heart and the color change of hemoglobin can be obtained electronic by utilizing microcontroller, LED, and infra LED to become a stimulator SpO<sub>2</sub>. The SpO<sub>2</sub> stimulators are cheap and simple with internally-equipped calibrations. The test result gets an average deviation value of 0.10 BPM with a 0% deviation percentage, standard deviation indicates an average value of 0.70BPM and uncertainty is obtained by an average value of 0.02 BPM makes this SpO<sub>2</sub> stimulator device very feasible to use*

**Keyword:** low cost, accurate, precision

## **1. PENDAHULUAN**

Dalam bidang kedokteran, akurasi dan presisi peralatan diagnostik sangat penting karena hasil pembacaan alat tersebut sangat mempengaruhi langkah tindakan medis selanjutnya terhadap pasien. Kesalahan dalam diagnosa akibat dari tidak akuratnya peralatan dalam proses diagnosa harus diminimalisir dengan cara melakukan perawatan dan pemeriksaan berkala pada peralatan.

Pulse Oksimeter atau *Saturasi Peripheral Oxygen Capiler (SpO<sub>2</sub>)* merupakan salah satu metode penggunaan alat untuk memonitor keadaan *saturasi* atau kandungan oksigen dalam darah (arteri) pasien dan jumlah detak jantung dalam satu menit tanpa dilakukan pembedahan atau *non invasive*. Dilakukan untuk membantu diagnosa fisik pasien tanpa harus melalui analisa tes darah. Pulse Oksimeter merupakan salah satu alat yang sering digunakan di rumah sakit saat dilakukan proses pembedahan untuk mengetahui *saturasi* oksigen dalam darah dan detak jantung pasien selama satu menit. *Saturasi* adalah persentase yang mengikat oksigen

dibandingkan dengan jumlah total *hemoglobin* yang ada di dalam darah.

Mengingat pentingnya akurasi dan presisi pulse oksimeter *SpO<sub>2</sub>* dalam diagnosa maka dalam proses perawatan dan pemeriksaan dilakukan uji fungsi dan kalibrasi pesawat *SpO<sub>2</sub>*. Uji fungsi dan kalibrasi *SpO<sub>2</sub>* memerlukan sinyal masukan berupa sinyal dari jantung dan perubahan warna *hemoglobin*. Pulsa sinyal dari jantung dan perubahan warna *hemoglobin* ini bisa diperoleh secara elektronik dari *SpO<sub>2</sub>* Stimulator. *SpO<sub>2</sub>* Stimulator ini menghasilkan simulasi pulsa jantung berupa LED merah yang berkedip dan perubahan *hemoglobin* berupa infra merah yang dapat diatur kecerahannya.

Pada *SpO<sub>2</sub>* terdapat beberapa parameter seperti kandungan oksigen dalam darah dan detak jantung permenit. Setiap alat memiliki batas pemakaian yang mempengaruhi keakurasian dan presisi dari alat tersebut, dalam hal ini pesawat *SpO<sub>2</sub>* juga termasuk didalamnya. Sehingga kita memerlukan alat *SpO<sub>2</sub>* stimulator. *SpO<sub>2</sub>* stimulator merupakan suatu alat yang dapat menghasilkan cahaya LED merah dan LED infra merah guna mengukur keakurasian dan

kepresisian *receiver* pada finger sensor pesawat  $SpO_2$ . Sinar LED merah untuk mengatur pembacaan detak jantung permenit dan sinar LED infra merah untuk mengatur pembacaan kadar oksigen pada darah yang akan ditampilkan oleh pesawat  $SpO_2$ .

Kalibrasi merupakan proses verifikasi bahwa suatu akurasi alat ukur sesuai dengan rancangannya. Kalibrasi biasa dilakukan dengan membandingkan suatu standar yang terhubung dengan standar nasional maupun internasional dan bahan-bahan acuan tersertifikasi [1].

## 2. METODE PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan maka dilakukan dengan melakukan beberapa tahapan pengerjaan yang terdiri dari: pencarian teori dasar, Perancangan alat, Pengujian alat, dan Pengambilan data.

### 2.1 Dasar Teori

#### 2.1.1 Hemoglobin

*Hemoglobin* (Hb) adalah komponen sel darah merah yang berfungsi menyalurkan oksigen ke seluruh tubuh. Jika Hb berkurang, jaringan tubuh kekurangan oksigen. Oksigen diperlukan tubuh untuk bahan bakar proses metabolisme. Kandungan zat besi yang terdapat dalam *hemoglobin* membuat darah berwarna merah. Hb merupakan senyawa pembawa oksigen pada sel darah merah.

*Hemoglobin* terbentuk atas susunan protein yang kaya akan zat besi. Memiliki afinitas (daya gabung) terhadap oksigen dan dengan oksigen itu membentuk *oxihemoglobin* di dalam sel darah merah. Dengan melalui fungsi ini maka oksigen dibawa dari paru-paru ke jaringan-jaringan.

Kadar *hemoglobin* ialah ukuran pigmenrespiratorik dalam butiran-butiran darah merah. Jumlah *hemoglobin* dalam darah normal adalah kira-kira 15 gram setiap 100ml darah dan jumlah ini biasanya disebut “100 persen”.

Darah manusia berwarna merah terang ketika terikat pada 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.

Perlu diketahui *hemoglobin* yang mengandung oksigen akan menyerap panjang gelombang cahaya 910 nm dan *hemoglobin* yang tidak mengikat oksigen menyerap panjang gelombang cahaya 650 nm sehingga hal inilah yang mengapa LED merah dan inframerah digunakan sebagai komponen utama pembangun sensor karena kedua LED ini memiliki panjang gelombang yang sesuai criteria.

#### 2.1.2 Pulse Oksimeter

Oksimeter termasuk alat kategori *non-invasive*, artinya oksimeter tidak memerlukan sampel darah yang harus dikeluarkan dari dalam tubuh. Hal ini sangat penting pada situasi perubahan mendadak kadar oksigen darah, karena seperti yang kita ketahui bahwa nilai normal *saturasi* oksigen hanya berkisar 85%-100%. Jika nilai pengukuran dibawah nilai 85% menandakan bahwa jaringan tidak mendapatkan oksigen mencukupi sehingga memerlukan tindakan lanjut. Aplikasi oksimeter sangat banyak diantaranya pada lingkup perawatan di rumah sakit, lingkungan diagnostik dan di tempat dimana dibutuhkan pengamatan *saturasi* oksigen.

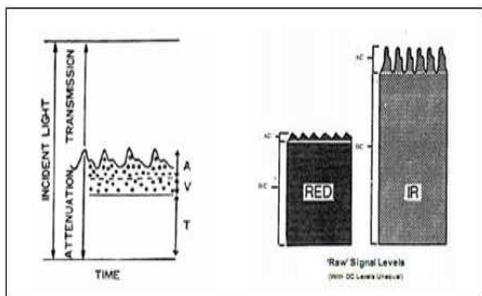
Cara kerja oksimeter yaitu mengukur intensitas cahaya LED yang dipaparkan di permukaan kulit ujung jari setelah melewati kulit dan berinteraksi dengan sel darah merah. Alat ini bertujuan untuk mengukur *saturasi* oksigen darah dengan observasi absorpsi gelombang optik yang melewati kulit dan berinteraksi dengan sel darah merah. Dengan membandingkan absorpsi cahaya, alat tersebut dapat menentukan persentase Hb yang *disaturasi*. Gambar 2.1 menampilkan probe *pulse oximetry* sebagai berikut:



Gambar 2.1 Probe Pulse Oximetry

Sensor pulse oximetry menggunakan cahaya dalam analisis spektral untuk pengukuran saturasi oksigen, yaitu deteksi dan kuantifikasi komponen (hemoglobin) dalam larutan. Saturasi oksigen adalah persentase total hemoglobin yang membawa atau mengandung oksigen. Sebuah fotodetektor pada sisi lain mengukur intensitas cahaya yang berasal dari transmisi sumber cahaya yang menembus jari. Transmisi cahaya melalui arteri adalah denyutan yang diakibatkan pemompaan darah oleh jantung.

Alat pulse oximetry menggunakan LED merah dan inframerah bersama-sama dengan fotodetektor untuk mengatur arus di dalam rangkaian relatif terintegrasi untuk penyerapan cahaya yang melalui jari. Pengurangan cahaya dapat dilihat seperti Gambar 2.1.2 dan dapat dibagi dalam tiga bagian besar: pengurangan cahaya akibat darah arteri, pengurangan cahaya akibat darah vena, dan pengurangan darah akibat jaringan. Pengurangan cahaya akibat darah vena dapat menyebabkan beberapa sinyal akibat perubahan di dalam aliran darah dan juga perubahan akibat level oksigen darah. Pengurangan cahaya yang disebabkan aliran darah vena dan jaringan menciptakan suatu sinyal yang relatif stabil dan sinyal ini disebut dengan komponen DC. Gambar 2.1.2 menampilkan gambaran transmisi cahaya melalui jari tangan sebagai berikut:

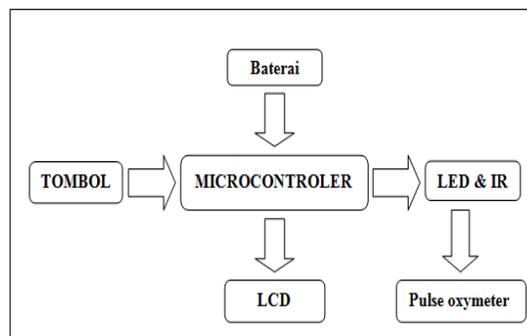


Gambar 2.2 Transmisi Cahaya melalui Jari Tangan

## 2.2 Perancangan Alat

### 2.2.1 Diagram Blok

Stimulator  $SpO_2$  ini dalam pembuatannya terbagi menjadi beberapa bagian utama yang setiap bagian dari alat prototipe stimulator  $SpO_2$  ini mempunyai fungsi yang saling terkait sehingga menjadi satu kesatuan peralatan yang dapat digunakan. Stimulator  $SpO_2$  ini terdapat 5 bagian utama seperti gambar 2.2.1 berikut :



Gambar 2.3 Blok Diagram

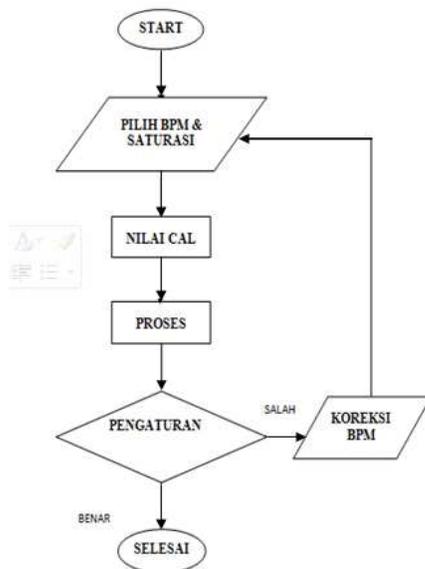
Untuk mempermudah pengertian secara sistem keseluruhan dari gambar 3.1 blok diagram, penulis membagi rangkaian dalam beberapa blok. Masing-masing blok mempunyai fungsi masing-masing. Adapun fungsi dari masing-masing blok akan penulis jelaskan sebagai berikut:

- 1) Baterai  
Befungsi sebagai sumber daya untuk menghidupkan seluruh rangkaian. Menggunakan baterai dengan tegangan kerja 4,2 volt DC.
- 2) Mikrokontroler  
Pusat penggerak seluruh rangkaian dan pengontrol yang dapat menentukan rangkaian tersebut kerja sesuai pengaturan.
- 3) Rangkaian Setting / Tombol
- 4) Untuk menentukan nilai BPM,  $SpO_2$  dan CAL yang di kehendaki sesuai kebutuhan serta sebagai penentu alat mulai kerja.
- 5) Display  
Untuk menampilkan nilai setting BPM,  $SpO_2$  dan CAL yang telah disetting dan menampilkan hasil sebenarnya.
- 6) LED Infra Merah dan LED Merah  
LED ini digunakan untuk menghasilkan cahaya merah dan infra merah yang output dari masing masing LED itu untuk mestimulasi sensor  $SpO_2$ .

### 2.2.2 Diagram Alir

Saat switch on-off ditekan ke posisi on maka baterai sumber tegangan yang akan mendistribusikan tegangan ke seluruh rangkaian. Setelah seluruh rangkaian mendapatkan tegangan maka mikrokontroler sebagai pengatur dari seluruh rangkaian akan bekerja. Karena mikrokontroler bekerja, hal yang pertama dikerjakan adalah mengirimkan sebuah tulisan ke display untuk melakukan pemilihan BPM dan SpO2. Setelah melakukan setting BPM dan SpO2 yang diperlukan, selanjutnya mikrokontroler akan membaca setting-an BPM dan SpO2 sehingga mengaktifkan LED merah dan infra merah.

Dengan aktifnya LED merah dan infra merah yang ada di probe maka LED merah akan berkedip sesuai pengaturan dengan nilai BPM dan infra merah akan menyala dengan kecerahan sesuai dengan pengaturan saturasi hasil dari pengaturan BPM akan muncul di display LCD, demikian juga dengan SpO2 yang kita atur sesuai pengaturannya. Gambar 2.4 menampilkan gambar diagram alir sebagai berikut:



Gambar 2.4 Diagram Alir

### 2.2.3 Rangkaian Keseluruhan

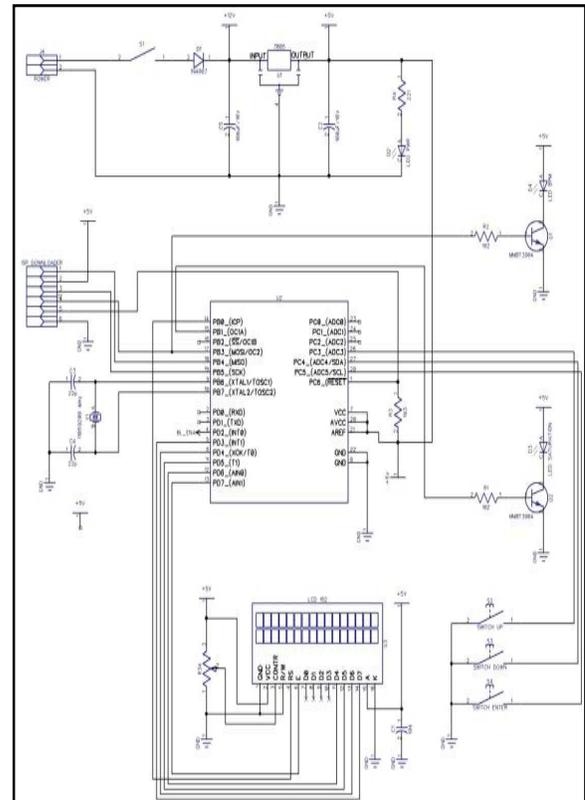
Untuk mempermudah pengendalian sistem kerja pada sebuah alat dapat digunakan rangkaian mikrokontroler dengan komponen IC Atmega328 sebagai pengendali utama, dimana

pada IC ini memiliki 3 PORT yang berfungsi sebagai pengolah data biner.

PORT B dan PORT D berfungsi sebagai output yang akan mengeluarkan kode biner yang akan ditampilkan pada layar, disini layar menggunakan LCD karakter 16x2 maksudnya adalah jumlah baris ada 2 dengan jumlah karakter 16 pada setiap baris, LCD masuk PORT B pada PORT B.0 dan pada PORT D masuk PORT D.2, D.4, D.5, D.6 dan D.7

PORT C digunakan sebagai saklar atau tombol pemilihan menu. Pada PORT C.3 digunakan sebagai tombol pilihan atas. Pada PORT C.4 digunakan sebagai tombol pilihan bawah. Pada PORT C.5 digunakan sebagai tombol masukan.

Pada PORT B.3 dan PORT B.2 digunakan sebagai output untuk trigger transistor. PORT B.2 berfungsi sebagai trigger transistor untuk menyalakan LED merah sebagai nilai heart rate. PORT B.3 berfungsi sebagai trigger transistor untuk menyalakan infra merah sebagai nilai saturasi. Gambar 2.5 berikut adalah rangkaian keseluruhan.



Gambar 2.5 Rangkaian Keseluruhan

### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pembuatan rangkaian maka perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui ketepatan hasil keluaran stimulasi dari alat. Langkah-langkah untuk pengujian alat dapat diuraikan sebagai berikut:

#### 3.1 Pengujian Nilai BPM

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur *heart rate* yang diatur dari alat stimulator  $SpO_2$  dan terbaca pada alat  $SpO_2$ . Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui apakah *heart rate* yang keluar dari alat stimulator sudah sesuai dengan pengaturan input. Parameter yang diuji pada alat ini ialah pada variabel *heart rate* 60bpm/menit, 80bpm/menit, 100bpm/menit, 120bpm/menit, 140bpm/menit, 160bpm/menit, dan 180bpm/menit. Pengujian dilakukan 20 (dua puluh) kali pada setiap variabel selama 1( satu) menit dengan jeda antar penujian 1( satu) menit. Cara pengujian seperti ditunjukkan gambar 3.1 proses pengujian sebagai berikut:



Gambar 3.1 Proses Pengujian Alat

Hasil pengukuran BPM penulis cantumkan dalam tabel 3.1 data pengukuran BPM sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data Pengukuran BPM

No	BPM (menit)	Sampel																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	60	60	60	61	59	59	60	60	59	59	60	60	60	60	61	59	60	60	60	59	60
2	80	80	80	80	80	81	80	79	80	80	80	80	80	80	80	80	81	80	79	80	80
3	100	100	100	100	100	99	100	101	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	101	100	100
4	120	120	120	120	121	119	119	120	120	119	120	120	120	120	120	121	119	119	120	120	119
5	140	140	140	140	141	140	141	140	139	140	140	140	140	140	140	141	140	141	140	141	139
6	160	160	160	161	161	160	159	160	160	160	160	160	160	160	161	161	161	160	159	160	160
7	180	180	180	180	180	179	180	180	180	179	180	180	180	180	180	180	179	180	180	180	180

Pengukuran nilai BPM 60-180 sebanyak 20 kali pengukuran didapatkan nilai rata-rata, simpangan, persentasi simpangan, standart deviasi dan ketidakpastian sebagai berikut:

Tabel 3.2 Data Hasil Pengujian *Heart Rate*

No	Variabel (BPM)	Rata-rata (BPM)	Simpangan (BPM)	% Simpangan	STDEV	Ketidakpastian Tipe A
1	60	59,8	0,20	0%	0,64	0,20
2	80	80,1	0,10	0%	0,72	0,16
3	100	99,9	0,10	0%	0,72	0,16
4	120	119,9	0,10	0%	0,72	0,16
5	140	140,1	0,10	0%	0,72	0,16
6	160	160,1	0,10	0%	0,72	0,16
7	180	179,9	0,10	0%	0,55	0,12

Berdasarkan data tabel 3.2 angka ketidakpastian tipe A terbesar ada di variabel 60 BPM dikarenakan nilai rata rata yang didapatkan dari 20 pengambilan sampel pengujian mempunyai nilai rata rata 59,8 BPM selisih 0,2 BPM dari nilai variabel 60 BPM. Dengan nilai rata rata yang semakin berbeda jauh dengan nilai variabel maka akan dapat dipastikan nilai ketidakpastian semakin tinggi. Nilai ketidakpastian tipe A sebesar 0,16 ada pada variabel 80 BPM, 100 BPM, 120 BPM, 140 BPM dan 160 BPM karena pada pengambilan 20 kali sampel variabel BPM tersebut di dapatkan nilai selisih antara variabel tersebut dan nilai rata rata sebesar 0,1 BPM. Selisih nilai rata rata 0,1 BPM mampu merubah angka ketidakpastian tipe A sebesar 0,04.

#### 3.2 Pengujian Saturasi

Hasil pengujian *saturasi* dengan nilai pengukuran *saturasi* 80% sebanyak 20 kali pengujian dengan lama pengujian 1 menit untuk setiap pengujian dan jeda waktu antara pengujian adalah 1 menit. Tabel 2.2 menunjukkan hasil pengukuran pertama hingga terakhir dari nilai *saturasi* sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran *Saturasi* pada Variabel

No	variabel	Hasil Pengukuran (%)	No	Variabel	Hasil Pengukuran (%)
1	80 %	80	11	80 %	80
2		79	12		79
3		81	13		81
4		80	14		80
5		80	15		80
6		80	16		80
7		79	17		79
8		81	18		81
9		80	19		80
10		80	20		80

Hasil pengukuran nilai *saturasi* 80% sebanyak 20 kali pengukuran selama satu menit pengukuran dan jeda satu menit didapatkan nilai rata-rata, simpangan, persentasi simpangan, standart deviasi dan ketidakpastian sebagai berikut:

Tabel 4.4 Perhitungan *Saturasi* pada Variabel 80 %

No	Faktor	Nilai
1	Rata-rata	80
2	Simpangan	0,00
3	Persentasi simpangan	0%
4	Standar deviasi	0,55
5	Ketidakpastian	0,12

Nilai rata rata yang sama dengan nilai variabel dapat terjadi walaupun pada saat pengambilan data hasil pengujian tidak selalu sama. Hal ini dapat terjadi karena jumlah nilai simpangan turun dan simpangan naik mempunyai jumlah yang berimbang dengan di tunjukan nilai simpangan dapa tabel 0,00 dan persentase 0%. Nilai standart deviasi tercatat 0,55 karena jumlah sampel yang yang menyimpang dari variabel yang berjumlah 8(delapan) sampel, semakin tingki jumlah sampel yang menyimpang akan menaikkan angka standar deviasi dan ketidakpastian.

#### 4. KESIMPULAN

1. Pengukuran dan pengujian nilai BPM, bahwa alat memiliki rata-rata simpangan sebesar 0,20 BPM pada pengaturan 60 BPM dan 0,10 BPM pada pengaturan 80-180 BPM dengan persentasi simpangan 0%, dimana nilai tersebut masih didalam nilai toleransi yang diperbolehkan yaitu sebesar 10%.
2. Pengukuran dan pengujian nilai *saturasi*, bahwa alat memiliki rata-rata simpangan sebesar 0,00 pada pengaturan *saturasi* 80 %, nilai standar deviasi 0,55 dimana nilai tersebut masih dalam nilai toleransi sebesar 2%.
3. Dengan melihat hasil nilai rata-rata, simpangan, persentasi simpangan, simpangan baku (*standard deviation*) dan ketidakpastian yang menunjukkan nilai wajar dalam batas toleransi maka alat ini disimpulkan dapat dan layak digunakan utuk melakukan stimulasi prekalibrasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. RI, "Permenkes nomor 54 tahun 2015 tentang pengujian dan kalibrasi alat kesehatan," *kemenkes RI*, 2015.
- [2] K. RI, "Peraturan Menteri Kesehatan No 363/Menkes/PER/IV/1998 tentang Pengujian dan Kalibrasi Alat Kesehatan pada sarana Pelayanan Kesehatan," *kemenkes RI*, 2015.
- [3] Winoto, Ardi. 2010. "Mikrokontroler Avr ATmega 8/32/16/8535 Dan Pemrogramannya Dengan Bahasa C Pada Win Avr," Bandung: Informatika.
- [4] Dwi,Taufiq. 2010. "Buku Pintar Robotika Bagaimana Cara Merancang Dan Membuat Robot Sendiri," yogyakarta: Andi.

- [5] M. Triwiyanto, SSI. 2015.” *Modul praktikum mikrokontroller atmega16*, 1st ed. surabaya”.
- [6] Guruh, Hariyanto.,”Rancang Bangun Oksimeter Digital Berbasis Mikrokontroler ATmega16”, paper. Program Studi S1 Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga
- [7] Danang Kristoko L., “Penentuan Ketidakpastian Hasil Kalibrasi Elektro Surgery Unit di BPFK Surabaya”, Laporan Tugas Akhir. Programs-1 Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2006.
- [8] John W. Clark, Jr., et al., “*Medical Instrumentation, Application and Design*”, *Third Edition*, United States of America: JohnWiley & Sons, Inc., 1998.
- [9] Richard Aston, “*Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement*”, New York: Macmillan Publishing Company, 1990.
- [10] Manual book fluke