

## DETEKSI KADAR SATURASI OKSIGEN DARAH ( $SpO_2$ ) DAN DETAK JANTUNG SECARA NON-INVASIF DENGAN SENSOR CHIP MAX30100

Kemalasari\*, Mochammad Rochmad

Teknik Elektronika/Departemen Teknik Elektro, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, INDONESIA

\*E-mail: kemala@pens.ac.id

### ABSTRACT

*The level of oxygen saturation in the blood ( $SpO_2$ ) and heart rate is one of an important variables to determine the health of the body. The purpose of this research is to design and implement a non-invasive tool to measure the level of  $SpO_2$  and heart rate, so that the measurement of them becomes easier. To measure the level of  $SpO_2$  and heart rate is used the MAX30100 chip sensor, which consists of infrared LED, red LED and photo diode, and that are integrated with arduino uno and PC. By attach the left index fingertip on the MAX30100 chip sensor, then the sensor will transmit infrared and red lights through the fingertips and the blood molecules will absorption the lights, while the photodiode will detect the absorption of light by the physical properties of the blood molecules, so the level of  $SpO_2$  and heart rate per minute can be detected. Data connection between the MAX30100 chip sensor and Arduino nano is connected by I2C (Inter Integrated Circuit) which has a serial data path (SDL) and a serial clock path (SCL), and RS232 is used for connection to a PC. On the PC, the level of the  $SpO_2$ , the value of heart rate and its signal will be displayed on the GUI so the results of measurement can be monitored and used to analyze body health. The test of tool was carried out on 20 people with range of age are 18 to 50 years by comparing the results of the tool that designed with an Elitech pulse oximeter tool, where the value of an average error of  $SpO_2$  is 0.84 % and heart rate is 1.6 %.*

**Keywords:** Chip MAX30100 sensor, I2C,  $SpO_2$ , heart rate, Arduino uno

### PENDAHULUAN

Kadar saturasi oksigen dalam darah ( $SpO_2$ ) dan denyut jantung merupakan salah satu besaran variabel tubuh yang penting untuk diukur dan dimonitor untuk mengetahui kondisi kesehatan tubuh. Kadar saturasi oksigen adalah persentase dari pada hemoglobin yang mengikat oksigen dibandingkan dengan jumlah total hemoglobin yang ada di dalam darah (Andrey, 2005). Jika pembacaan kadar oksigen arteri dengan oksimeter berada di bawah 90 persen maka mengindikasikan bahwa kadar oksigen dalam darah rendah sehingga darah membutuhkan suplemen oksigen. Sementara jika pembacaan persentase kadar saturasi oksigen dikatakan normal pada manusia jika berkisar antara 95% sampai 100% (<https://helohehat.com>).

Kadar Oksigen berperan penting dalam proses metabolisme tubuh sehingga jika manusia kekurangan kadar oksigen maka dapat mengakibatkan metabolisme tubuh berlangsung tidak sempurna yang ditandai dengan hipoksia yang merupakan kondisi berbahaya yang dapat mengganggu fungsi otak, hati dan organ lainnya dengan cepat.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di rumah sakit St. Elisabeth Semarang, hipoksia merupakan penyebab awal kegawatdaruratan medis pada pasien, dan hipoksia dapat dideteksi jika tubuh kekurangan kadar oksigen saturasi didalam pembuluh darah, dengan gejala yang lainnya yaitu sesak napas, napas cenderung cepat dan denyut jantung yang cepat (Hidayati Fitrohul Uyum, 2013).

Detak jantung normal atau denyut jantung normal penting untuk diketahui oleh setiap orang karena bisa mengindikasikan masalah kesehatan. Detak jantung sama artinya dengan denyut jantung. Detak jantung adalah berapa kali jantung berdenyut dalam satu menit. Pada orang dewasa, detak jantung normal adalah detak jantung yang berdenyut sebanyak 60 – 100 kali dalam satu menit yang dihitung pada saat istirahat (<https://doktersehat.com/detak-jantung-normal/>).

Pada saat ini di beberapa rumah sakit, pengukuran detak jantung dan kadar saturasi oksigen dalam darah sudah menggunakan alat oksimeter yang diletakkan di ujung jari telunjuk, dimana data hasil pengukuran ditampilkan pada LCD namun data hasil ukur belum dapat tersimpan sehingga *monitoring* kadar SpO<sub>2</sub> dan detak jantung masih dilakukan secara manual.

Untuk mengukur kadar saturasi oksigen dan detak jantung maka pada penelitian yang dilakukan oleh Sruhti Chavan, Prathana Gadekar, dan Manjunath Patil, S.P yang berjudul “*Solar Powered Non-Invasive Pulse Oximeter and Heart Rate Meter*”, menggunakan sensor *chip* MAX30100 yang terintegrasi dengan Arduino Uno untuk memonitor denyut jantung dan kadar saturasi oksigen darah dengan menggunakan energi matahari. Hasil pengukuran ditampilkan pada LCD sehingga dapat memberi informasi tentang kesehatan tubuh, namun data yang dihasilkan hanya berupa angka saja dan belum dapat disimpan (Sruhti Chavan, 2018).

Penelitian tentang performansi kerja dari sensor MAX30100 dilakukan oleh Kerim Bedri Sacan dan Gokhan Ertau yang berjudul “*Performans Degerlendirme Performance Assesment of MAX30100 SpO<sub>2</sub>/Heartrate Sensor*”, dimana sensor MAX30100 memiliki panjang gelombang 600 - 750 nm untuk *LED* merah dan 850 - 1000 nm untuk *LED* inframerah. Dengan bantuan *photodiode* maka cahaya dari *LED* merah dan *LED* inframerah yang dipantulkan dari jaringan tubuh akan ditangkap oleh *photodiode*. Nilai hasil deteksi *photodiode* dapat dibaca melalui protokol komunikasi I2C (*Inter Integrated Circuit*), dimana sensor MAX30100 terhubung pada *arduino uno* yang kemudian nilai tersebut dikirim ke komputer pada 115200 bps dengan komunikasi serial (Kerim Bedri, 2017).

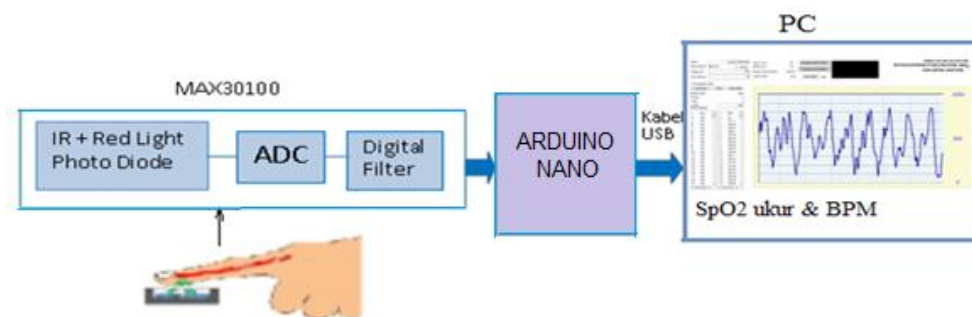
Karena informasi dan *monitoring* kadar saturasi oksigen dalam darah (SpO<sub>2</sub>) dan detak jantung sangat penting untuk analisa kesehatan tubuh, maka tujuan dari penelitian ini adalah merancang alat untuk mengukur kadar SpO<sub>2</sub> dan detak jantung secara non-

*invasif* dengan menggunakan sensor cahaya *chip* MAX30100 yang diletakkan pada permukaan mekanik berbentuk penjepit dan akan dipasangkan pada ujung jari telunjuk sehingga terjadi absorpsi cahaya oleh molekul-molekul darah. Diharapkan alat ini memiliki fungsi yang sama seperti *oksimeter*, dengan tambahan adanya GUI (*Grafic User Interface*) untuk menampilkan data pasien beserta hasil ukur kadar SpO<sub>2</sub> dan detak jantung yang bisa disimpan dan sinyal detak jantung yang bisa ditampilkan dan dimonitor di PC.

### **METODE PENELITIAN**

Untuk merealisasi alat deteksi kadar saturasi oksigen dalam darah (SpO<sub>2</sub>) dan detak jantung secara non-invasif, maka digunakan sensor *chip* MAX30100. Perencanaan penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu bagian *hardware* (perangkat keras), dan bagian *software* (pengolahan data). Pada bagian *hardware*, sensor *chip* MAX30100 yang terdiri dari *LED* merah dengan panjang gelombang 660 nm, *LED* inframerah dengan panjang gelombang 940 nm berfungsi sebagai *transmitter*, sedangkan *photodiode* berfungsi sebagai *receiver*, sehingga data yang diterima oleh *photodiode* akan dibaca melalui protokol komunikasi I2C. Pengukuran diawali dengan menjepit ujung jari telunjuk kiri yang diletakkan diantara sumber *LED red*, *LED IR (infrared)* dan detektor *photodiode*. Kemudian data analog yang diterima oleh sensor *photodiode* dikonversi menjadi data digital menggunakan modul ADC dan filter untuk membuang *noise*.

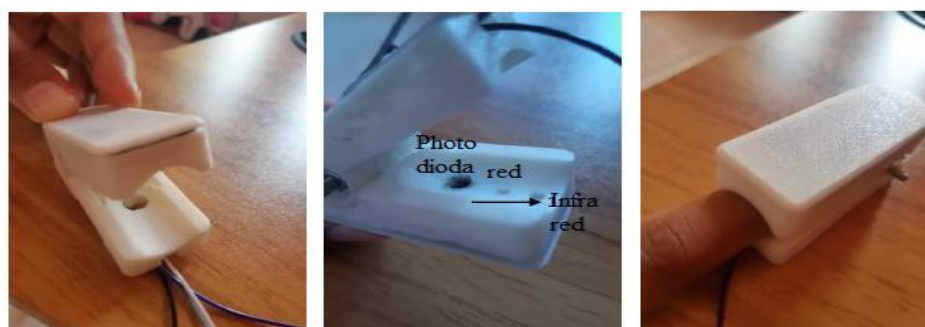
Bagian *software* terdiri dari *arduino nano* dan PC, dimana data dari sensor *chip* MAX30100 yang dibaca oleh *arduino* melalui protokol komunikasi I2C dengan menggunakan komunikasi serial (kabel USB) dan *software* IDE Arduino pada PC akan ditampilkan di GUI. Gambar diagram blok sistem secara keseluruhan seperti yang ditunjukkan pada gambar 1, dimana keseluruhan sistem terdiri dari 3 tahap yaitu *input*, proses dan *output*. Tahap *input* sistem merupakan tahap pengambilan data dari *LED infrared*, *LED red*, kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) dan detak jantung dari sensor MAX30100, sedangkan tahap proses sistem merupakan tahap pengolahan data hasil ukur dengan *arduino nano* dan PC. Tahap *output* merupakan tahap untuk menampilkan dan menyimpan *database* pasien serta untuk *monitoring* data hasil ukur SpO<sub>2</sub>, detak jantung dan sinyal detak jantung secara otomatis pada GUI di PC, sehingga data dapat dengan mudah dimonitor setiap saat.



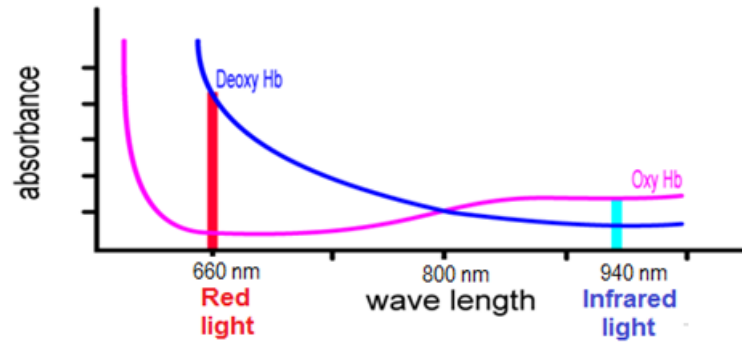
**Gambar 1. Diagram Blok System**

### Bagian *Hardware*

Bagian *hardware* yaitu sensor *chip* MAX30100 yang merupakan sensor optik yang menggunakan dua LED yaitu LED *red* dan LED *Infrared* yang berfungsi sebagai transmiter dan *photodiode* yang berfungsi sebagai *photodetector*. Pada sensor *chip* MAX30100 digunakan LED *red* dan LED *Infrared* karena *oxyhemoglobin* (HbO<sub>2</sub>) yaitu hemoglobin yang mengikat oksigen (O<sub>2</sub>), menyerap lebih banyak cahaya infra merah dan melewatkan lebih banyak cahaya merah. Sedangkan *deoxyhemoglobin* (RHb) yaitu hemoglobin yang mengikat karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan melepas O<sub>2</sub>, akan menyerap lebih banyak cahaya merah dan melewatkan lebih banyak cahaya infra merah. Cahaya merah mempunyai panjang gelombang 660 nm, sedangkan cahaya infra merah mempunyai panjang gelombang 940 nm. Gambar 2 memperlihatkan mekanik dari alat yang dirancang yang berbentuk jepitan karena sensor sangat sensitif terhadap cahaya, dan peletakan *chip* sensor MAX30100 menggunakan metode *reflectance mode*, yaitu *photodiode* diletakkan sejajar dengan LED *red* dan LED *infrared* sehingga sumber cahaya yang melalui pembuluh darah nadi (arteri) akan dilewatkan, diserap dan dipantulkan oleh zat atau hemoglobin (Hb) yang ada dalam darah, lalu diterima oleh *photodiode* (M. Shafiq, 2011). Sedangkan gambar 3 memperlihatkan grafik absorpsi (penyerapan) cahaya merah dan cahaya inframerah oleh *oxyhemoglobin* (HbO<sub>2</sub>) dan *deoxyhemoglobin* (RHb) yang ada dalam darah, dimana *oxyhemoglobin* (HbO<sub>2</sub>) menyerap lebih banyak cahaya infra merah dibandingkan cahaya merah, sedangkan *deoxyhemoglobin* (RHb) menyerap lebih banyak cahaya merah.



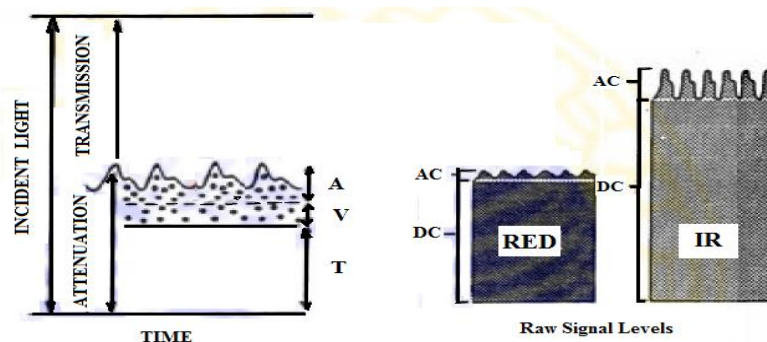
**Gambar 2. Mekanik Alat dengan Penempatan Sensor *Chip* MAX30100 Secara *Reflectance***



**Gambar 3. Grafik Penyerapan Cahaya Merah dan Inframerah Oleh HbO<sub>2</sub> dan RHb**

Sensor *chip* MAX30100 menggunakan LED *infrared* untuk mengukur pulsa detak jantung, sedangkan LED *red* dan *infrared* digunakan untuk menentukan persentase kadar SpO<sub>2</sub> dalam darah berdasarkan perbedaan penyerapan cahaya merah dan infra merah yang terjadi dalam darah, karena kadar saturasi oksigen mengacu pada persentase jumlah hemoglobin yang mengikat oksigen dibandingkan dengan jumlah total hemoglobin yang ada dalam darah. Berdasarkan hukum Lambert-Beer, jumlah cahaya transmisi yang diserap oleh zat yang ada pada darah bergantung pada konsentrasi zat penyerap cahaya, jarak lintasan yang ditempuh oleh cahaya, dan perbedaan HbO<sub>2</sub> dan RHb menyerap cahaya *red* dan *infrared* dalam pembuluh darah arteri dan vena (J.G Webster, 1997).

Banyaknya cahaya yang mencapai detektor cahaya (*photodiode*) merupakan transmisi cahaya pada ujung jari yang mengalami atenuasi (pengurangan) cahaya akibat aliran darah pada pembuluh arteri, vena dan jaringan tulang. Atenuasi cahaya yang disebabkan aliran darah vena dan jaringan tulang membentuk sinyal yang relatif stabil dan sinyal ini disebut komponen DC, sedangkan komponen atenuasi cahaya akibat denyut darah pada pembuluh arteri disebut sinyal tegangan AC.

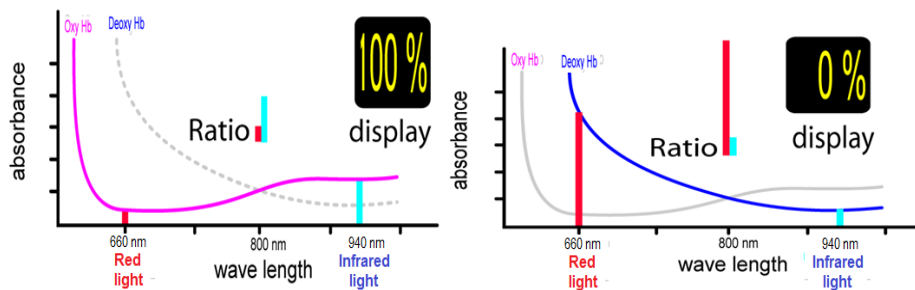


**Gambar 4. Transmisi Cahaya Melalui Ujung Jari**

Gambar 4 memperlihatkan transmisi cahaya pada ujung jari yang menimbulkan komponen DC dan sinyal tegangan AC pada saat terjadi atenuasi cahaya yang disebabkan pembuluh vena (V), arteri (A) dan jaringan tulang (T). Penyerapan lebih dari spektrum cahaya infra merah efektif ke spektrum cahaya merah adalah indikasi

dari oksigen saturasi yang tinggi dan penyerapan lebih dari spektrum cahaya merah efektif ke spektrum cahaya infra merah adalah indikasi dari oksigen saturasi yang rendah.

Sensor *chip* MAX30100 menggunakan sifat HbO<sub>2</sub> dan RHb yang menyerap cahaya dari panjang gelombang yang berbeda sehingga menghitung saturasi oksigen dilakukan dengan menentukan rasio yaitu membandingkan jumlah cahaya merah dan cahaya infra merah yang diserap oleh HbO<sub>2</sub> dan RHb yang ada dalam darah. Gambar 5 memperlihatkan rasio perbandingan penyerapan cahaya infra merah lebih besar dari cahaya merah maka ditampilkan persentase SpO<sub>2</sub> adalah 100%, sedangkan jika rasio perbandingan penyerapan cahaya merah lebih besar dari cahaya infra merah maka ditampilkan persentase SpO<sub>2</sub> adalah 0% (<https://www.howequipmentworks.com/pulse-oximeter/>).



**Gambar 5. Transmisi Cahaya Melalui Ujung Jari**

Untuk menentukan nilai rasio dari penyerapan cahaya merah dan infra merah dalam darah maka digunakan persamaan (1), sedangkan untuk menentukan kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) dalam darah maka digunakan persamaan (2) (J.G Webster, 1997).

$$R = \frac{\frac{AC_{red}}{DC_{red}}}{\frac{AC_{IR}}{DC_{IR}}} \quad (1)$$

Dimana : R = Nilai rasio

$AC_{red}$  = Tegangan AC efektif (RMS) cahaya merah

$DC_{red}$  = Tegangan DC cahaya merah

$AC_{IR}$  = Tegangan AC efektif cahaya infra merah

$DC_{IR}$  = Tegangan DC cahaya infra merah

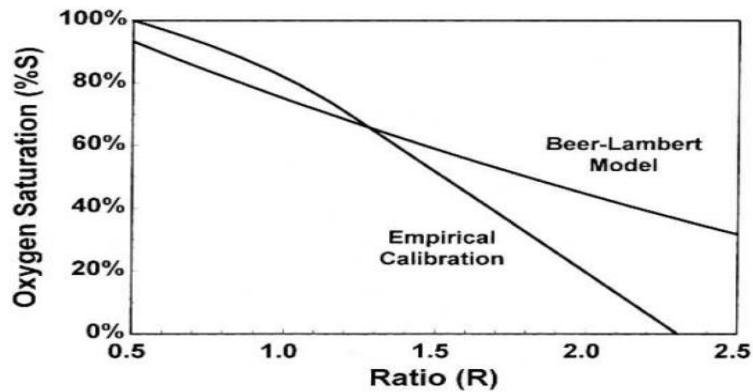
$$SpO_2 = 110 - 25 \times R \quad (2)$$

Dimana : SpO<sub>2</sub> = Kadar Saturasi Oksigen

R = nilai Rasio

Perhitungan kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) pada persamaan (2) berdasarkan hukum Lambert-Beer yang bergantung pada konsentrasi zat dalam darah dan panjang jalur cahaya. Namun realisasinya darah merah menyebar sehingga hukum Lambert-Beer

yang mempunyai korelasi linier antara rasio (R) dengan % SpO<sub>2</sub> tidak dapat diterapkan secara tepat karena akan ada kesalahan dalam menentukan kadar SpO<sub>2</sub> secara langsung. Untuk mengoreksi kesalahan, maka digunakan grafik kalibrasi seperti pada gambar 6 sehingga ada pembacaan hasil ukur yang valid dan tidak valid (<http://www.ti.com/lit/an/slaa274b/slaa274b.pdf>).



**Gambar 6. Grafik Hubungan Rasio (R) dan SpO<sub>2</sub> (%) Secara Kalibrasi Empiris dan Teoritis**

Gambar 6 menunjukkan bahwa kalibrasi empiris pada nilai rasio (R) 0,5 disamakan dengan 100 % SpO<sub>2</sub>. Nilai R 1 disamakan dengan 82 % SpO<sub>2</sub>, sedangkan nilai R 2,3 disamakan dengan 0% SpO<sub>2</sub>.

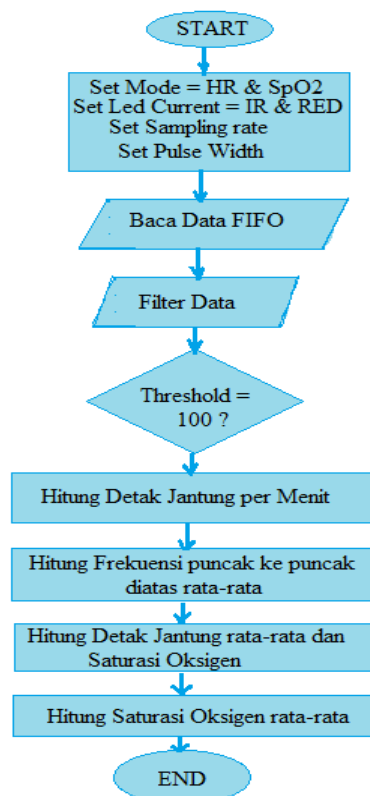
Pada sensor *chip* MAX30100, pembacaan data penyerapan cahaya oleh *photodiode* dioptimalkan dan dilakukan proses pengolahan sinyal di unit ADC dan filter serta dikomunikasikan melalui *microbus* I2C *interface*. *Bus driver* I2C merupakan *open drain*, dimana saat sinyal *low* adalah nol volt dan sinyal *high* dalam keadaan *floating*, maka untuk dapat membaca data keluaran sensor dibutuhkan resistor *pull-up* pada SDA dan SCL pada I2C. Sensor ini dapat dikonfigurasi melalui register, yaitu berupa konfigurasi arus LED yang dapat di program dari 0 mA hingga 50 mA dan resolusi ADC dari 13 bit hingga 16 bit. Selain itu data keluaran sensor yang disimpan pada FIFO dapat menampung hingga 16 sampel. Tiap sampel pada FIFO adalah 4 *byte* data, sehingga total data yang dapat disimpan di FIFO adalah 64 *byte*, dan dari 4 *byte* data tersebut 2 *byte* terdiri dari data LED inframerah dan 2 *byte* adalah data dari LED merah.

Implementasi sensor *chip* MAX30100 terdiri dari dua bagian yaitu membaca pulsa detak jantung hanya dengan LED *Infrared* dan menghitung kadar saturasi oksigen dalam darah (SpO<sub>2</sub>) menggunakan LED *red* dan LED *Infrared*. Sensor *chip* MAX30100 beroperasi dari catu daya 1.8V sampai 3.3V, dan dapat dimatikan melalui perangkat lunak (Raives Strogonous, 2019).

### Bagian Software

Bagian *software* terdiri dari *arduino nano* dan PC. *Arduino nano* merupakan *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega 328 yang berfungsi untuk membaca data dari sensor *chip* MAX30100 yang dikomunikasikan melalui protokol komunikasi I2C (*Inter*

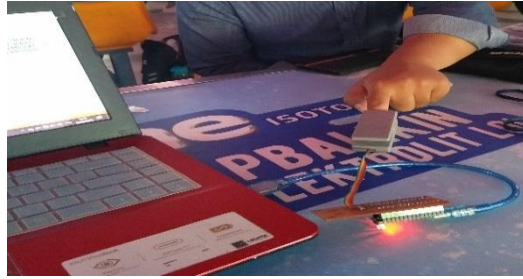
*Integrated Circuit*), dan kemudian nilai tersebut dikirim ke komputer pada 115200 bps dengan komunikasi serial. Pengolahan data SpO<sub>2</sub> dan detak jantung pada *arduino uno* diperlihatkan pada *flowchart* program *arduino* pada gambar 7. Tujuan dari *flowchart* adalah untuk memudahkan proses pengolahan data, dimana *flowchart* menunjukkan bahwa pengambilan data dan pengolahannya dilakukan secara FIFO (*First in, First Out*), dimana untuk batas ambang data yang diolah yaitu frekuensi sampling dikali dengan 4. *Output* dari program adalah nilai *heart rate* dan SpO<sub>2</sub> dari sensor MAX30100, lalu data-data tersebut dikirim ke PC, dan ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik detak jantung di GUI.



**Gambar 7. Flowchart Program Arduino**

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang optimal karena sensor *chip* MAX30100 sangat sensitif terhadap cahaya maka data difilter berdasarkan *range* nilai standar detak jantung dan SpO<sub>2</sub>. Data detak jantung dikatakan *valid* jika berada diantara 40 – 200 bpm, sedangkan SpO<sub>2</sub> berada diantara 0 – 100 %. Gambar implementasi alat selama pengukuran dengan meletakkan ujung jari telunjuk kiri pada jepitan yang ada sensor MAX30100 terlihat seperti pada Gambar 8.





**Gambar 8. Posisi Pemakaian Alat**

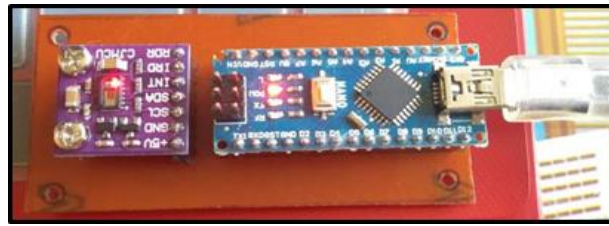
Untuk menampilkan hasil ukur atau proses sistem pada komputer, maka digunakan GUI (*Graphical User Interface*) dengan menggunakan *Visual Studio 2010* karena *software* tersebut *compatible* dalam *Operating System* pada *windows* dan juga tidak membutuhkan *space* memori yang cukup besar untuk sebuah *software* grafik. Pada penelitian ini, penggunaan *software* tersebut ditujukan untuk 2 hal yaitu pertama, untuk menampilkan hasil dari pembacaan data sensor MAX30100 untuk pengukuran kadar saturasi oksigen ( $SpO_2$ ) dalam bentuk angka, dan menampilkan data hasil pengukuran detak jantung dalam bentuk angka dan grafik, sedangkan yang kedua, sebagai *database* yang akan menyimpan semua data pasien dan hasil pengukuran kadar  $SpO_2$  dan detak jantung.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini, untuk mengetahui apakah sistem yang sudah direncanakan bisa bekerja sesuai dengan perencanaan serta untuk analisa ketelitian dari alat yang dirancang, maka dilakukan proses pengukuran dan pengujian pada sensor *chip* MAX30100, pada *Graphic Interface User* (GUI), dan pengujian keseluruhan sistem dengan cara melakukan pengukuran kadar  $SpO_2$  dan detak jantung dari 20 orang yang mempunyai *range* usia 18 sampai 50 tahun. Kemudian hasil pengukuran dibandingkan dengan hasil pengukuran alat *pulse oximeter Elitech* sebagai referensi sehingga tingkat ketelitian dan *error* dari alat ukur kadar saturasi oksigen dan detak jantung yang dirancang dapat diketahui.

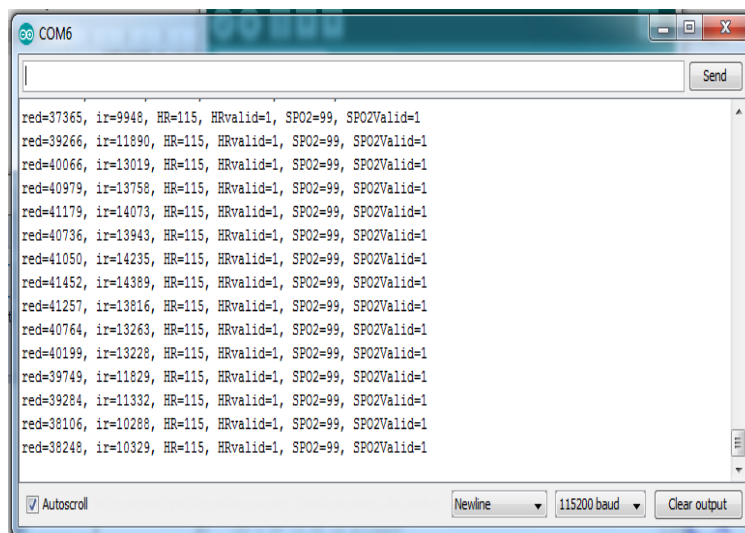
### **Hasil Pengujian Sensor *Chip* MAX30100**

Tujuan pengujian sensor *chip* MAX30100 adalah untuk mengetahui apakah sensor dapat bekerja dengan baik, dan apakah sensor dapat mengeluarkan nilai kadar saturasi oksigen ( $SpO_2$ ) dan detak jantung dengan baik. Pengujian dilakukan dengan cara mengunggah program  $SpO_2$  ke *Arduino Nano*, menghubungkan *pin out* yang ada pada sensor MAX30100 ke *mikrokontroler arduino nano* sesuai dengan *datasheet*, dan meletakkan ujung jari telunjuk kiri pada sensor Red LED dan Infrared LED yang ada pada alat, serta membuka serial monitor pada *software IDE arduino* untuk mengetahui hasil *output* dari sensor *chip* MAX30100. Rangkaian sensor Max30100 yang telah terhubung dengan *mikrokontroler Arduino Nano* dan PC dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9. Rangkaian Sensor MAX30100 ke Arduino dan PC**

Pada *arduino nano*, pengambilan dan pengolahan data dilakukan secara FIFO dengan batas ambang yaitu frekuensi sampling dikali 4. Dari proses tersebut didapatkan nilai kadar SpO<sub>2</sub> dan detak jantung yang ditampilkan pada layar serial monitor *software* IDE Arduino seperti pada gambar 10 yang menampilkan hasil nilai pembacaan *red*, *infrared* (*ir*), *heart rate* (HR dalam satuan bpm), SpO<sub>2</sub> (satuan %), dan indikator *valid* (angka 1 untuk menunjukkan bahwa perhitungan *heart rate* dan SpO<sub>2</sub> dinyatakan *valid*).



**Gambar 10. Serial Monitor Hasil Baca Sensor MAX30100**

Dari gambar 10 terdapat 2 kemungkinan data yaitu valid dan tidak valid, dimana data dikatakan valid saat masih berada dalam *range Ratio Lookup Table for SpO<sub>2</sub> calculation* yang memiliki batas maksimum dan minimum dari nilai SpO<sub>2</sub> dan nilai detak jantung. *Range* nilai untuk SpO<sub>2</sub> yaitu 0 – 100 % sedangkan *range* nilai detak jantung yaitu 40 – 200 bpm.

Kemudian pada data sensor *chip* Max30100 yang terbaca dilakukan pengujian dengan membandingkan dengan data ukur *Pulse Oximeter Elitech* yang merupakan alat medis referensi yang sudah ada. Pengambilan data dilakukan di waktu dengan *range* yang sama, sehingga data ukur dari Max30100 dan *Pulse Oximeter Elitech* sebagai referensi ukur dapat dibandingkan dan ditentukan % *error* seperti pada persamaan (3).

$$Error (\%) = \frac{|Hasil Ukur Referensi - Hasil ukur alat|}{Hasil Ukur Referensi} \times 100 \% \quad (3)$$

Hasil Pengujian sensor Max30100 dan *Pulse Oximeter Elitech* sebagai alat referensi dilakukan pada 20 orang yang berusia antara 18 sampai 50 tahun, dengan hasil pengukuran kadar SpO<sub>2</sub> dari sensor Max30100 adalah 84 % - 97,56 %, sedangkan hasil pengukuran dengan *pulse oximeter elitech* adalah 85 % - 99 % sehingga rata-rata % *error* pembacaan SpO<sub>2</sub> adalah 0,84 %. Hasil pengukuran detak jantung dari sensor Max30100 adalah 82,6 bpm – 109,3 bpm, sedangkan hasil pengukuran dengan *pulse oximeter elitech* adalah 84 bpm – 107 bpm sehingga rata-rata % *error* pembacaan detak jantung adalah 1,6 %. Sedangkan tabel 1 menunjukkan hasil pengujian sensor Max30100 dan *pulse oximeter* pada 8 orang sampel.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Max30100 dan *Pulse Oximeter Elitech*

Subyek	Jenis Kelamin (L/P)	Umur (tahun)	Nilai Kadar SpO <sub>2</sub>			Nilai Heart Rate			
			Max30100 (%)	Pulse Oximeter Elitech (%)	Error (%)	Max30100 (bpm)	Pulse Oximeter Elitech (bpm)	Error (%)	
1	P	22	97,05	98	0,97	84,4	86	1,8	
2	P	23	96,69	98	1,33	82,8	84	1,4	
3	L	25	97,04	99	1,98	92,4	94	1,7	
4	L	23	99	99	0	91	92	1	
5	P	45	84	85	1	82,6	84	1,6	
6	P	21	98	98	0	85,8	87	1,4	
7	L	21	99	99	0	109,3	107	2	
8	L	22	97,56	99	1,46	102,2	104	1,7	
					<b>rata-rata Error</b>	<b>0,84</b>			<b>1,6</b>

### Hasil Pengujian *Graphic Interface User (GUI)*

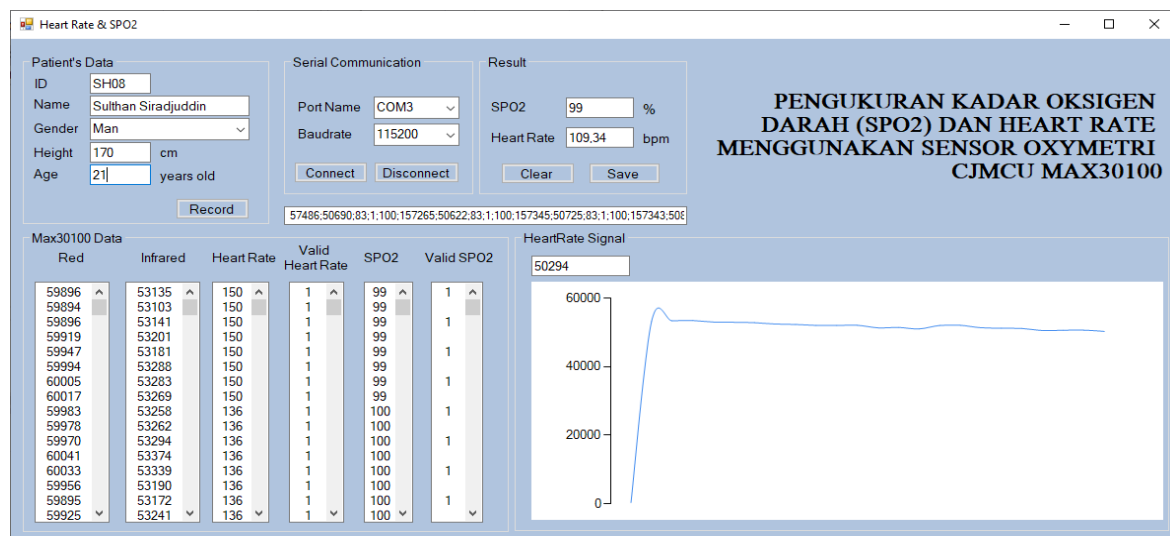
Tujuan pengujian GUI adalah untuk mengetahui apakah GUI dapat terkoneksi dengan serial *port*, dan GUI digunakan untuk menampilkan hasil ukur kadar persentase SpO<sub>2</sub> dan detak jantung per menit. Prosedur pengujian GUI adalah dengan membuka *graphic User Interface* pengukuran kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) dan detak jantung (*heart rate*) dengan menggunakan sensor MAX30100 yang telah dibuat di visual studio 2012. Kemudian memastikan bahwa *hardware* sudah terhubung pada protokol yang ada, dan selanjutnya mengeklik start yang ada pada visual studio 2012 untuk mulai menjalankan GUI.

Untuk *Load Data medical record* pasien, dapat diproses dengan memasukkan ID yang telah didaftarkan sebelum proses pengukuran dimulai. Sehingga pada saat perintah *Load Data* atau *record* dijalankan, seperti pada gambar 11, maka GUI akan menampilkan data yang telah disimpan sebelumnya. Atau jika ada kesalahan maka bisa diperbaiki dan di-*update* kembali.



**Gambar 11. Load Data Medical Record**

Tampilan pada gambar 12 akan terbuka setelah menekan tombol *Start* pada program visual studio 2012 yang dibuat dan *hardware* telah terhubung ke PC. Kemudian muncul *serial port* berapa *hardware* terhubung ke PC. Jika *hardware* belum terhubung dan sudah menekan tombol *Start*, maka akan keluar tampilan yang menunjukkan pesan “Com Port Not Detected!”. *Serial port* dan *baud rate* merupakan protokol yang berfungsi untuk menjalankan komunikasi serial antara PC dan *hardware* untuk menampilkan data sensor Max30100 yang telah diproses oleh *mikrokontroler*, dengan *baud rate* yang digunakan adalah 115200. Jika protokol telah sesuai, maka proses komunikasi bisa dimulai seperti pada gambar 13.

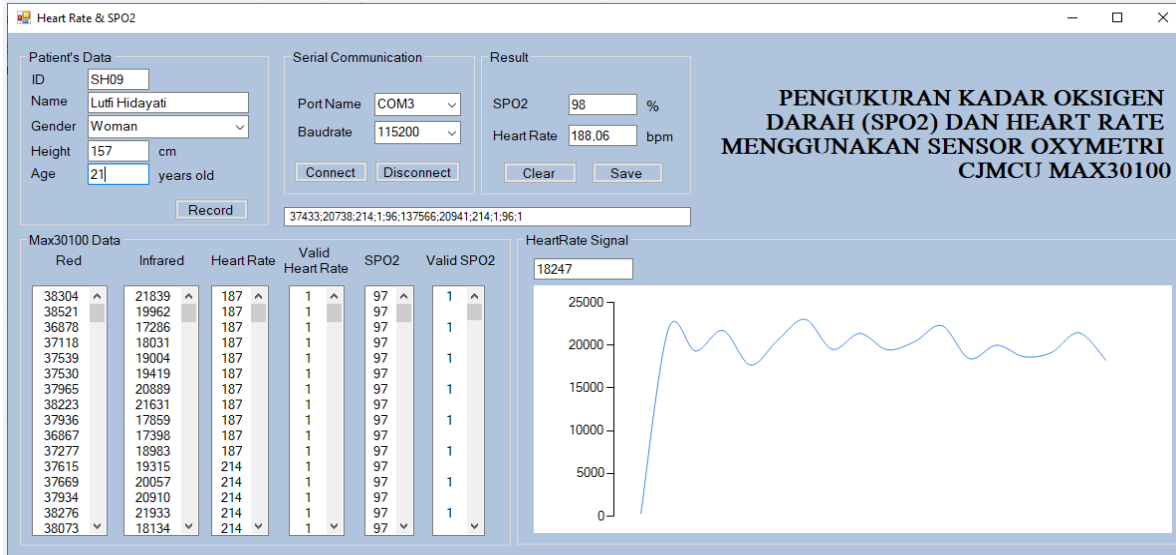


**Gambar 12. Graphic User Interface Measurement**

Gambar 13 merupakan proses penampilan data di PC dari Arduino. Pada tampilan ini terdapat data dari *Red* LED, *IR* LED, detak jantung (*heart rate*), *valid heart rate*, SpO<sub>2</sub>, dan *Valid* SpO<sub>2</sub>. Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan nilai SpO<sub>2</sub> dan detak jantung serta gambar sinyal detak jantung. Sehingga dilakukan penguraian data yang dikirimkan oleh Arduino, dan nilai kadar SpO<sub>2</sub> dapat dipisah dan dilakukan rata-rata terhadap 75 data yang masuk atau terbaca oleh Arduino. Hasil akhir dari SpO<sub>2</sub> kemudian ditampilkan. Nilai detak jantung juga dipisah dan dilakukan rata-rata terhadap 60 data yang masuk atau terbaca oleh *arduino* dan hasil detak jantung ditampilkan dalam bentuk angka dan sinyal detak jantung.

Setelah selesai pengukuran dan *monitoring* kadar SpO<sub>2</sub> dan detak jantung, maka data disimpan ke *database* yang telah dibuat. Proses bisa selesai dengan menekan tombol

“Finish” atau “clear” jika ingin kembali ke halaman awal untuk melakukan pengukuran dan *monitoring* kadar SpO<sub>2</sub> dan detak jantung pada orang selanjutnya. Tombol “record” digunakan untuk menampilkan semua data hasil pengukuran yang telah dilakukan seperti pada gambar 14.



**Gambar 13. Proses Penampilan Data pada PC dari Arduino**

```

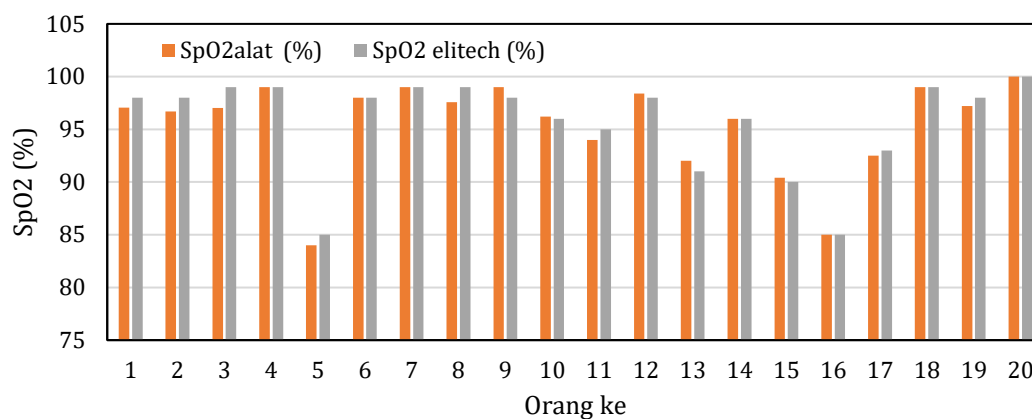
=====
20/09/2019      07.06.43
=====
ID       : SH01
Name    : Erlinda Putri Hardi .N
Gender  : woman
Height  : 160 cm
Age     : 19 years old
=====
SPO2    : 98
%
Heart Rate : 107,24
bpm
=====

20/09/2019      19.18.53
=====
ID       : SH02
Name    : Fritska Hadi Noviani
Gender  : woman
Height  : 155 cm
Age     : 22 years old
=====
SPO2    : 98
%
Heart Rate : 166,96
bpm
=====

22/09/2019      14.40.40
=====
ID       : SH03
Name    : Sherly Febrina Luhukay
Gender  : woman
Height  : 164 cm
Age     : 22 years old
=====
SPO2    : 95
%
Heart Rate : 199,96
bpm
=====
    
```

**Gambar 14. Tampilan Database Data Sample yang Tersimpan**

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan pengukuran kadar SpO<sub>2</sub> (%) dan detak jantung (bpm) pada 20 orang yang berusia antara 18 sampai 50 tahun. Kemudian hasil pengukuran SpO<sub>2</sub> dan detak jantung dibandingkan dengan hasil ukur *pulse oximeter elitech*. Data hasil pengukuran SpO<sub>2</sub> dapat dilihat pada gambar 15 dengan persentase *error* sebesar 0,84 %, sedangkan hasil pengukuran detak jantung mempunyai persentase *error* sebesar 1,6 %.



**Gambar 15. Hasil Pengukuran SpO<sub>2</sub> pada 20 Orang**

## KESIMPULAN

Deteksi dan *monitoring* kadar SpO<sub>2</sub> dan detak jantung dapat dilakukan secara non-invasif dengan menggunakan sensor *chip* Max30100 yang diintegrasikan dengan *arduino nano* dan PC dimana perbandingan antara hasil pengukuran sensor *chip* Max30100 dengan *pulse oximeter elitech* mempunyai persentase rata-rata *error* sebesar 0,84 % untuk pengukuran kadar SpO<sub>2</sub>, dan 1,6 % untuk pengukuran detak jantung, dan alat dapat mendeteksi ada 1 orang yang kadar SpO<sub>2</sub>-nya dibawah 90%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada P3M - Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS) yang telah mendanai penelitian ini melalui penelitian lokal tahun 2019.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amar S Bhogal, Ali R Mani. (2017). Pattern Analysis of Oxygen Saturation Variability in Health Individuals Entrophy of Pulse Oximetry Signals Carries Information about Mean Oxygen Saturation. *Frontiers in Physiology*, Vol. 8, Article 555, 2 Agustus 2017.
- Abhishek, Kumar, Amodh Kant Saxena, Ramesh Kumar Sonkar, (2015). "Non-Invasive Measurement of Heart Rate and Hemoglobin Concentration Level through Fingertip", *IEEE International Conference on Signal Processing, Informatics, Communication and Energy Systems (SPICES)*, Doi: 10.1109/SPICES.2015.7091549, Februari 2015..
- Hidayati Fitrohtul Uyam (2013). Pengaruh Lama Hipoksia Terhadap Angka Eritrosit dan Kadar Hemoglobin Rattus Norvegicus. *Jurnal Kesehatan Mutiara Merdeka*, Vol.13. No.1: 68 – 83.
- Kerim Sacan, Gokhan Ertau. (2017). Performans Degerlendirmesi Performance Assessment of Max30100 SpO<sub>2</sub>/Heart rate Sensor. *Jurnal IEEE*.

J G Webster, "Design of Pulse Oximeters", Institut of Physic Publishing Bristol and Philadelphia Medical Science Series, USA, 1997.

Raives Strogonous, "Implementing Pulse Oximeter Using MAX30100", diakses 8 April 2019.

Srushti Chavan, Prathana Gadekar, Manjunath Patil, S.P. Tondare dan S.P. Gaikwad (2018), "Solar Powered Non-Invasive Pulse Oximeter and Heart Rate Meter", International Jurnal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering (IJIRCCE), Vol. 6, No. 5, pp.5280 - 5285, DOI:10.15680/IJIRCCE.2018.0605036, May 2018.

Vincent Chan, Steven Underwood, (2005). "A Single-Chip Pulsoximeter Design Using the MSP430", Application Report - Texas Instruments, SLAA274B, Revised February 2012. <http://www.ti.com/lit/an/slaa274b/slaa274b.pdf>

Wan, Jiayi, Yu Hua Zou, Ye Lie, dan Jun Wang, (2017). "Reflective type Blood Oxygen Saturation Detection System Based on MAX30100", proceeding of International Conference on Security, Pattern Analysis, and Cybernetics (CSPAC), 2017.

<https://helohealth.com> diakses 12 Februari 2021.

<https://doktersehat.com/detak-jantung-normal/> diakses 12 Februari 2021.

[https://www.howequipmentworks.com/pulse\\_oximeter/](https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/) diakses 10 Februari 2021.

Halaman ini sengaja dikosongkan