

PENGEMBANGAN TELEMONITORING PADA PULSE OXIMETER MENGGUNAKAN SPO2 NELLCOR BERBASIS INTERNET OF THINGS

DEVELOPMENT OF TELEMONITORING ON PULSE OXIMETER USING SPO2 NELLCOR BASED INTERNET OF THINGS

Abdul Haris Kuspranoto¹, Muhammad Ulin Nuha ABA², Ovie Olivia³

¹⁾ Teknik Elektromedik, Jl. Sambiroto Raya No. 64-D, Kec. Tembalang Kota Semarang, Indonesia 50276

²⁾ Teknik Elektromedik, Jl. Sambiroto Raya No. 64-D, Kec. Tembalang Kota Semarang, Indonesia 50276

³⁾ Akademi Teknik Elektromedik, Sadeng, Kec. Gn. Pati, Kota Semarang, Jawa Tengah 50222

Alamat korespondensi : abdulhariskuspranoto@polbitrada.ac.id

Abstrak

Telemonitoring adalah metode pelayanan kesehatan jarak jauh dengan menggunakan pemanfaatan teknologi informasi untuk memberikan data kepada pelayanan kesehatan. Telemonitoring dapat menghemat waktu, biaya, dan efektivitas pelayanan kesehatan. Tantangan terbesar pemanfaatan Telemonitoring adalah tingkat adopsi yang masih rendah dan belum banyak pengembangan bagian peralatan medisnya. *Pulse Oximeter* Menggunakan Nellcor SpO2 Berbasis *Internet of Things*, berfungsi untuk mengukur saturasi oksigen (SpO2) dan mengukur detak jantung dengan jarak jauh. Kemudian hasilnya dapat dipantau melalui aplikasi smartphone android dengan memanfaatkan koneksi internet. Pada tahap mewujudkan itu semua dibuat perencanaan perangkat keras dan perangkat lunak. Pengembangan ini menggunakan sensor Nellcor SpO2 yang akan mengatur nilai SpO2 dan *Heart Rate* pada rentang 60-100%. Modul mikrokontroler ini menggunakan ESP32 yang akan berperan sebagai otak pengontrol alat dan menghubungkan perangkat ke smartphone android. Hasil pengukuran alat ini ditampilkan pada LCD Nextion 3,5 inci dan aplikasi Inventor pada smartphone android. Selisih pembacaan saturasi oksigen dan detak jantung pada alat Prosim 8 mempunyai persentase error terbesar sebesar 5,4% untuk detak jantung dan terkecil sebesar 0% untuk SpO2, Aplikasi ini dapat merekam data SPO2 dan detak jatuh pada pasien secara berkala, sehingga dapat dipantau kondisi dan untuk data diagnose pada pasien dengan jarak jauh.

Kata Kunci : Telemonitoring, SPO2, *Pulse Oximeter*, *Internet of Things*

Abstract

Telemonitoring is a method of long-distance health services using information technology to provide data to health services. Telemonitoring can save time, costs and effectiveness of health services. The biggest challenge in using Telemonitoring is that the adoption rate is still low and there has not been much development in medical equipment. Pulse Oximeter Using Nellcor SpO2 Based on the Internet of Things, functions to measure oxygen saturation (SpO2) and measure heart rate remotely. Then the results can be monitored via an Android smartphone application by utilizing an internet connection. To make this happen, hardware and software planning was made. This module uses a Nellcor SpO2 sensor which will regulate SpO2 and Heart Rate values in the range of 60-100%. This microcontroller module uses ESP32 which will act as the brain of the device controller and connect the device to an Android smartphone. The measurement results of this tool are displayed on a 3.5 inch Nextion LCD and the Inventor application on an Android smartphone. The difference between oxygen saturation and heart rate readings on the Prosim 8 device has the largest error percentage of 5.4% for heart rate and the smallest at 0% for SpO2. This application can record SPO2 data and falling heart rate on patients periodically, so that their condition and condition can be monitored. for diagnostic data on patients remotely.

Keywords : Telemonitoring, SPO2, *Pulse Oximeter*, *Internet of Things*

Pendahuluan

Darah merupakan suatu sistem transportasi dalam tubuh manusia yang berguna untuk membawa zat-zat yang dibutuhkan oleh tubuh dan mengedarkannya ke seluruh bagian tubuh. Di antara zat-zat yang terkandung di dalam darah, juga berperan penting dalam menyuplai oksigen ke tubuh manusia. Karena pentingnya menyuplai darah dengan oksigen, penting untuk mengetahui status kesehatan pada tubuh. Jika manusia kekurangan oksigen dapat mengakibatkan hipoksia. Hipoksia adalah penurunan konsentrasi oksigen di dalam jaringan(1)(2)(3).

Konsentrasi oksigen dalam tes kadar darah adalah berkurangnya jumlah oksigen yang mencapai paru-paru dan jumlah oksigen yang diserap ke dalam darah, tempat hemoglobin larut atau berikatan. Sel jaringan menjadi hipoksia bila pengambilan oksigen dari sistem pernapasan tidak kuat, suplai oksigen dari sistem kardiovaskular tidak kuat, atau terjadi defisiensi hemoglobin (4)(5).

Saturasi adalah persentase pada hemoglobin yang mengikat oksigen dibandingkan dengan jumlah total hemoglobin yang ada dalam darah. Sehingga bila sedikit hemoglobin yang mengikat oksigen, maka seseorang akan merasakan gejala kekurangan oksigen yang diantaranya adalah sesak, pusing dan gelisah. Persentase saturasi oksigen normal pada manusia sama pada seluruh jenjang umur, yakni 95% -100% baik bagi bayi baru lahir maupun lansia(1)(6)(7). Jantung merupakan organ yang sangat penting bagi manusia, karena jantung diperlukan untuk memompa darah ke seluruh tubuh sehingga tubuh mendapatkan oksigen dan sari makanan yang diperlukan untuk metabolisme tubuh. Denyut atau detak jantung merupakan indikasi penting di dalam bidang kesehatan yang berguna sebagai bahan evaluasi efektif dan cepat serta berfungsi sebagai alat untuk mengetahui kesehatan pada tubuh seseorang(6)(8). Pada orang yang sedang sakit dan melakukan perawatan alangkah baiknya melakukan pemantauan pada detak jantung agar kita dapat tahu kondisi atau perkembangannya. Selain itu bagi orang sehat indikator utama apakah kita sudah mengeluarkan energi maksimal atau belum terletak pada laju denyut jantung. Semakin cepat denyut jantung kita selama satu menit, semakin tinggi kita mengeluarkan energi. Karena jantung harus berpacu berdenyut untuk memompa darah keseluruh tubuh selama olahraga. Masalahnya, tubuh manusia memiliki ambang batas "pengeluaran energi" yang aman, yaitu 60% -

80% denyut jantung maksimal. Untuk itu perlu dilakukan pemantauan (9).

Salah satu bentuk dari upaya pemantauan adalah dengan menggunakan pemanfaatan teknologi informasi, yaitu Telehealth atau Telemonitoring. *Telehealth* merupakan sebuah sistem yang menggunakan teknologi informasi yang mendukung jarak jauh penanganan kesehatan pasien yang berhubungan dengan tenaga medis atau dokter. Sedangkan, *Telemonitoring* adalah pemberian pelayanan kesehatan atau kedokteran jarak jauh oleh dokter dengan menggunakan teknologi informasi dan komunikasi, meliputi pertukaran informasi diagnosis, pengobatan, pencegahan penyakit dan cedera, penelitian dan evaluasi, dan pendidikan berkelanjutan penyedia layanan kesehatan untuk kepentingan peningkatan pelayanan kesehatan individu maupun masyarakat. Dengan adanya upaya penggunaan sebuah sarana *Telehealth* atau *Telemonitoring*, kedua teknologi tersebut tidak hanya bermanfaat untuk meningkatkan akses pelayanan kesehatan bagi daerah terpencil di Indonesia. Tetapi, keduanya juga dapat menjadi suatu kunci baru dalam menangani suatu penyakit serius(10)(11). Pada proses pembacaan saturasi oksigen menggunakan modul sensor MAX30100 memiliki kelemahan apabila digunakan untuk pergerakan, nilai yang dibaca naik turun. Pembacaan SpO2 MAX30100 didapatkan rata-rata akurasi sebesar 98,99%(9)(12)(13)(14).

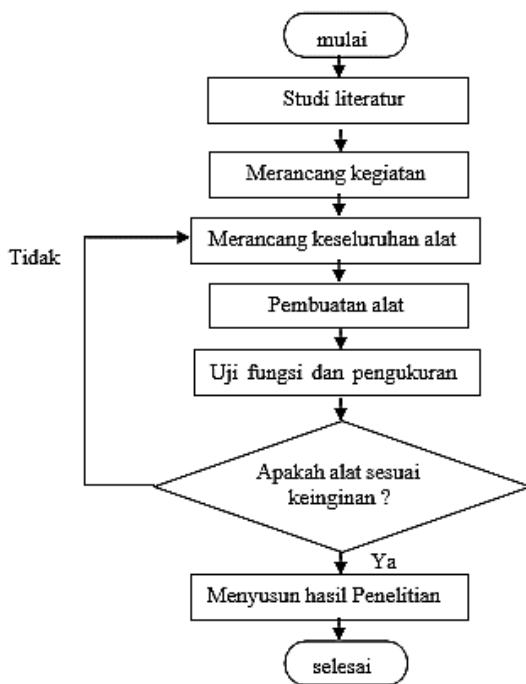
Dengan demikian, tulisan ini bertujuan untuk membahas mengenai pengembangan *Telemonitoring* pada pulse oximeter menggunakan spo2 nellcor. Selain itu, akan dibahas juga mengenai pemantauan data spo2 berbasis *internet of things* yang dimonitoring menggunakan *smartphone* android.

Metode

Penelitian ini merupakan eksperimen metode sistematis guna membangun hubungan yang mengandung fenomena sebab akibat. Penelitian eksperimen adalah inti dari model penelitian yang menggunakan pendekatan kuantitatif. dalam metode eksperimen, peneliti harus melakukan tiga persyaratan yaitu kegiatan kendali, kegiatan memanipulasi dan observasi(15)(16)(17).

Pada penelitian ini data yang diteliti berupa penelitian yang membahas pengembangan alat *pulse oximeter* dengan menggunakan mikrokontroler esp32 dengan berbasis telemonitoring. Prinsip kerja dari pengembangan telemonitoring pada *pulse oximeter* menggunakan spo2 nellcor berbasis *internet of things* yang telah

dibuat. beberapa langkah-langkah penelitian dalam bentuk diagram alur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Flow Chart Penelitian

Pada proses penelitian untuk mendukung dan mempercepat proses penelitian maka digunakan beberapa metode, yaitu:

1. Metode Interview

Interview kepada narasumber pelaku pelayanan kesehatan yang menggunakan parameter saturasi oxygen. Hal ini dilakukan untuk mengumpulkan informasi mengenai alat dan sistem yang digunakan saat ini.

2. Metode Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari berbagai referensi seperti buku, laporan penelitian, jurnal, maupun informasi dari internet seperti e-book, blog, website dan sumber internet yang dapat dipertanggungjawabkan. Studi literatur pustaka juga dibutuhkan untuk membandingkan inovasi alat dari tiap-tiap peneliti yang telah digunakan. (5)

3. Metode analisis dan evaluasi

Metode ini dilakukan dengan cara peninjauan secara langsung terhadap rancang alat yang akan diteliti oleh peneliti. Peninjauan dilakukan dengan tujuan mengetahui kondisi alat dan menganalisis sistem pada alat supaya sesuai dengan yang diinginkan. Selanjutnya hasil analisis akan dievaluasi untuk mengetahui kekurangan dari alat

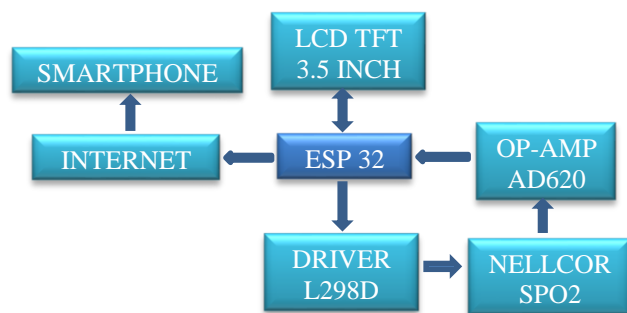
yang telah ada untuk kemudian dikembangkan atau dirancang dengan inpvasi terbaru.

4. Studi Laboratorium

Studi laboratorium dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap alat dan sistem yang telah dibangun dengan menggunakan perangkat-perangkat yang diperlukan. Pengujian akan dilakukan kepada beberapa orang yang berbeda dengan melakukan pengukuran pada jari tangan setiap orangnya(18).

Perancangan Alat

Perancangan alat dilakukan dengan beberapa kategori yaitu perancangan sistem. Peneliti menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroller. Driver sensor sebagai pengendali sensorSpO2. Sensor SpO2 Nellcor untuk mendeteksi saturasi oksigen. Rancangan blok diagram dan cara kerja sistem terdapat pada Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2 Blok Diagram

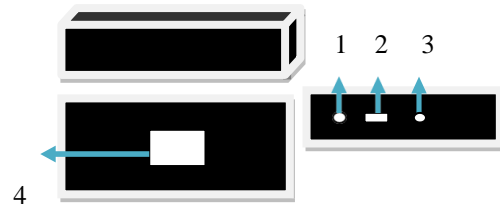
Keterangan :

1. ESP32
Yaitu sebagai pengendali dan pengolah input maupun output pada rancang bangun yang dibuat.
2. Driver SpO2 Nellcor
Berfungsi untuk menstimulus Inframerah,LED dan photodetektor pada sensor nellcor.(19).
3. Sensor SpO2 Nellcor
Berfungsi sebagai sensor untuk pengukuran saturasi oksigen dalam darah dan heart rate(7).
4. LCD TFT Nextion 3.5”
Menampilkan nilai data hasil pengolahan dari sensor yang terdapat pada alat .
5. Smartphone
Sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk berfungsi untuk menampilkan semua data pengukuran berupa SpO2 dan heart rate melalui jaringan internet.

Rangkaian Keseluruhan

Pada rangkaian keseluruhan ini inputan tegangan berasal dari baterai sebesar 3.7 volt yang kemudian di *step up* menggunakan modul MT 3608 menjadi tegangan sebesar 5 volt untuk daya ke ESP 32, LCD

TFT NEXTION, Op-Amp dan Driver L298D. Pada rangkaian ini terdapat juga modul *charger* yang digunakan untuk mengisi tegangan kapasitas pada baterai bertipe 18650 yang nantinya kapasitas tegangan dalam baterai akan dtampilkan pada indakator baterai, selain itu terdapat juga rangkaian pembagi tegangan yang digunakan untuk membatasi Sumber tegangan baterai menyuplai seluruh tegangan pada semua komponen alat. Ketika saklar on/off ditekan maka LCD akan menyala, kemudian proses inialisasi. Setelah inialisasi selesai LCD akan menampilkan tulisan dan sensor akan menyala. Cara kerja alat ini yaitu dengan memasukkan jari ke alat maka sensor akan membaca hasil dari pengukuran. Hasil akan dikirim ke ESP32 kemudian akan diproses, setelah itu menghasilkan data teks yang akan ditampilkan di LCD dan ditampilkan pada aplikasi *smartphone* sebagai sarana *telemonitoring*. Rancangan rangkaian keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 4. Adapun desain mekanis ditunjukkan pada Gambar 3.

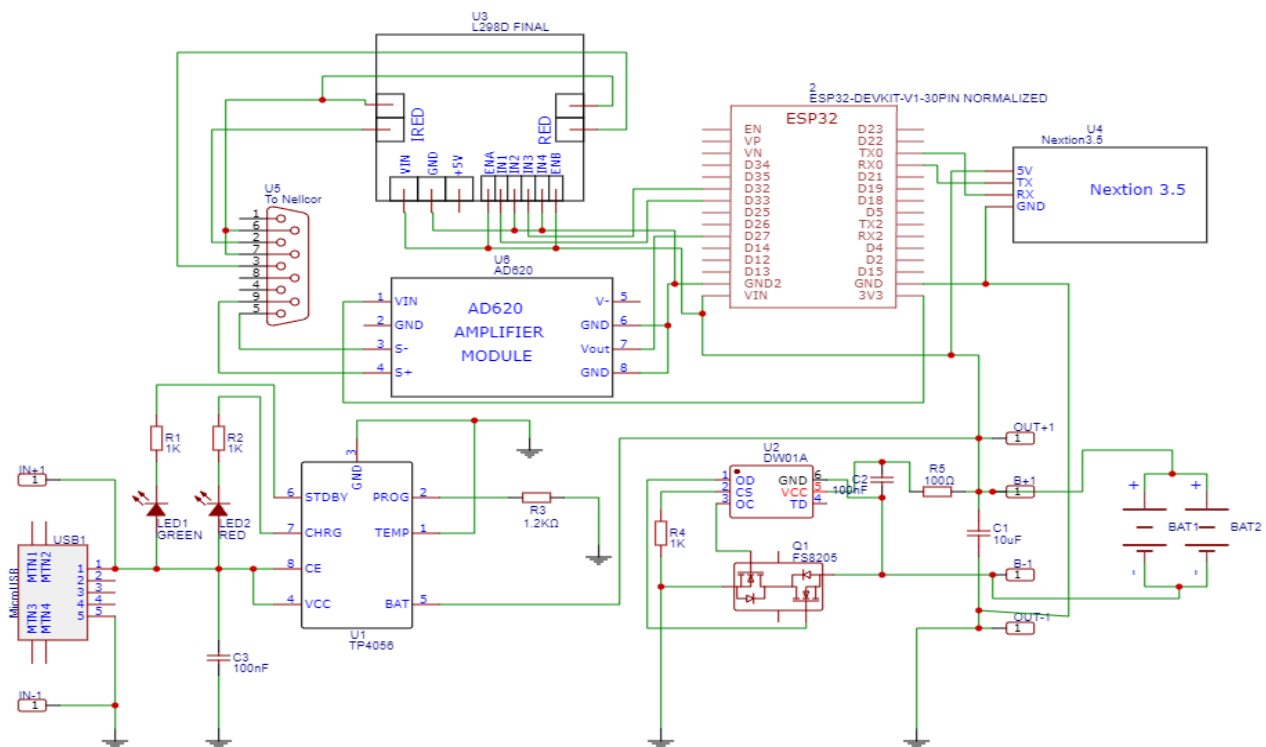


Gambar 3 Desain Mekanis

Keterangan :

1. Tombol on/off
2. Port DB9
- 3.Recharge
4. LCD

Peneliti menggunakan 2 buah baterai Lithium Ion 18650 dengan masing – masing 3,7 volt DC yang di rangkai secara paralel dan dilengkapi dengan modul baterai yang digunakan untuk mengisi daya baterai. Kemudian terdapat 3 buah modul regulator dimana modul ini sebagai regulator keluaran yang dibutuhkan.Tegangan keluaran yang digunakan adalah 5 volt DC untuk ke ESP32



Gambar 4 Skematik Rangkaian Keseluruhan

Hasil

Pengujian alat dengan parameter SpO2 menggunakan alat kalibrator Prosim 8

Perbandingan pembacaan keluaran SpO2 yang terkirim pada aplikasi yang dibuat dari MIT Inventor dengan sensor pembacaan SpO2 menggunakan alat kalibrator Prosim 8 dengan 10 kali pengujian. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel 1. berikut :

Tabel 1. Uji Fungsi SPO2 dengan alat Prosim 8

Setting	Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Rata-Rata	SD
94%	PO	94	94	94	94	94	95	94	95	94	94	94,2	0,42
	Android	94	94	94	94	94	95	94	95	94	94	94,2	0,42
95%	PO	95	95	95	95	95	95	95	96	96	96	95,3	0,48
	Android	95	95	95	95	95	95	95	96	96	96	95,3	0,48
96%	PO	96	96	96	97	96	95	96	97	96	96	96,1	0,57
	Android	96	96	96	97	96	95	96	97	96	96	96,1	0,57
97%	PO	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	0,00
	Android	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	0,00
98%	PO	98	98	98	97	97	98	98	99	98	98	97,9	0,57
	Android	98	98	98	97	97	98	98	99	98	98	97,9	0,57
99%	PO	99	99	99	99	99	99	99	98	98	98	98,7	0,48
	Android	99	99	99	99	99	99	99	98	98	98	98,7	0,48
100%	PO	99	99	99	99	99	99	99	99	98	98	98,8	0,42
	Android	99	99	99	99	99	99	99	99	98	98	98,8	0,42

Keterangan Tabel :

1. PO : Pulse Oximeter
2. SD : Standart Deviasi

Kondisi hipoksemia adalah kondisi dimana kadar oksigen dalam tubuh berada pada <95%. Pada pengukuran hipoksemia sebesar 94%, secara teori mendapatkan data berupa 94%. Hasil perhitungan persentase kesalahan dapat dilihat pada berikut ini:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Kesalahan} &= \left| \frac{\text{hasil ukur} - \text{hasil teori}}{\text{hasil teori}} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{94,2 - 94}{94} \right| \times 100\% \\
 &= 0,002 \times 100\% \\
 &= 0,2 \%
 \end{aligned}$$

Kondisi normal dimana kadar oksigen dalam tubuh berada pada 95%- 100%. Pada pengukuran normal sebesar 95%-100%, hasil perhitungan persentase kesalahan dapat dilihat pada berikut ini :

1. SpO2 95%

$$\% \text{ Kesalahan} = \left| \frac{\text{hasil ukur} - \text{hasil teori}}{\text{hasil teori}} \right| \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \left| \frac{95,3 - 95}{95} \right| \times 100\% \\
 &= 0,003 \times 100\% \\
 &= 0,3 \%
 \end{aligned}$$

2. SpO2 96%

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Kesalahan} &= \left| \frac{\text{hasil ukur} - \text{hasil teori}}{\text{hasil teori}} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{96,1 - 96}{96} \right| \times 100\% \\
 &= 0,001 \times 100\% \\
 &= 0,1 \%
 \end{aligned}$$

3. SpO2 97%

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Kesalahan} &= \left| \frac{\text{hasil ukur} - \text{hasil teori}}{\text{hasil teori}} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{97 - 97}{97} \right| \times 100\% \\
 &= 0 \times 100\% \\
 &= 0 \%
 \end{aligned}$$

4. SpO2 98%

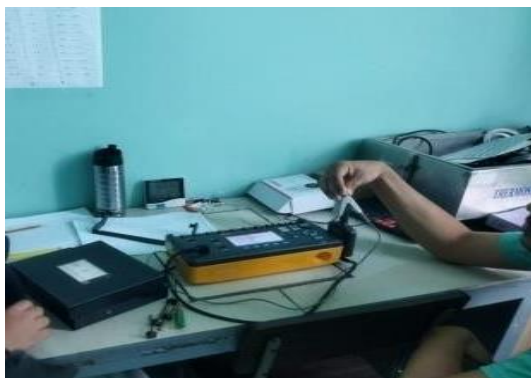
$$\begin{aligned} \% \text{ Kesalahan} &= \left| \frac{\text{hasil ukur} - \text{hasil teori}}{\text{hasil teori}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{97,8 - 98}{98} \right| \times 100\% \\ &= 0,001 \times 100\% \\ &= 0,1 \% \end{aligned}$$

5. SpO2 99%

$$\begin{aligned} \% \text{ Kesalahan} &= \left| \frac{\text{hasil ukur} - \text{hasil teori}}{\text{hasil teori}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{98,7 - 99}{99} \right| \times 100\% \\ &= 0,003 \times 100\% \\ &= 0,3 \% \end{aligned}$$

6. SpO2 100%

$$\begin{aligned} \% \text{ Kesalahan} &= \left| \frac{\text{hasil ukur} - \text{hasil teori}}{\text{hasil teori}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{98,8 - 100}{100} \right| \times 100\% \\ &= 0,012 \times 100\% \\ &= 1,2 \% \end{aligned}$$



Gambar 5. Uji Alat dengan Prosim 8

Analisa data hasil pengukuran pada uji pengukuran ini, persentase kesalahan pada pengukuran hipoksemia sebesar 94% yang terdapat pada tampilan sebesar 0,2% dan pada android sebesar 0,2%, dengan SPO2 rata-rata pada tampilan 94,2% dan pada android sebesar 94,2%, dan standar deviasinya 0,42%. Pengukuran normal sebesar 95% yang terdapat pada tampilan sebesar 0,3% dan pada android sebesar 0,3%, dengan SPO2 rata-rata pada tampilan 95,3% dan pada android sebesar 95,3%, dan standar deviasinya 0,48%. Pengukuran normal 96% yang terdapat pada tampilan sebesar 0,1% dan pada android sebesar 0,1%, dengan SPO2 rata-rata pada tampilan 96,1% dan pada android sebesar 96,1%, dan standar deviasinya 0,57%. Pengukuran normal 97% yang terdapat pada tampilan sebesar 0% dan pada android sebesar 0%, dengan SPO2 rata-rata pada tampilan 97% dan pada android sebesar 97%, dan standar deviasinya 0%. Pengukuran normal pada 98% yang terdapat pada tampilan sebesar 0,1% dan pada android sebesar 0,1%, dengan SPO2 rata-rata pada tampilan 97,9% dan pada android sebesar 97,9%, dan standar deviasinya 0,57%. Pengukuran 99% yang terdapat pada tampilan sebesar 0,3% dan pada android sebesar 0,3%, dengan SPO2 rata-rata pada tampilan 98,7% dan pada android sebesar 98,7%, dan standar deviasinya 0,48%. Pengukuran 100% yang terdapat pada tampilan sebesar 1,2% dan pada android sebesar 1,2%, dengan SPO2 rata-rata pada tampilan 98,8% dan pada android sebesar 98,8%, dan standar deviasinya 0,42%. Hasil tersebut didapatkan pad rumus di atas dan kondisi sensor SPO2 Nellcor dalam keadaan baik.

Pengujian Alat dengan parameter *Heart Rate* menggunakan alat kalibrator Prosim 8

Perbandingan pembacaan keluaran *heart rate* yang terkirim pada aplikasi yang dibuat dari MIT Inventor dengan sensor pembacaan *heart rate* menggunakan kalibrator Prosim 8 dengan sepuluh kali pengujian. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel 2. berikut :

Tabel 2. Uji Fungsi *Heart Rate* dengan alat Prosim 8

Setting	Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Rata-Rata	SD
60	PO	68	63	60	59	63	61	64	61	63	59	62,1	2,59
	Android	68	63	60	59	63	61	64	61	63	59	62,1	2,59
70	PO	73	73	74	76	70	70	74	76	76	76	73,8	2,23
	Android	73	73	74	76	70	70	74	76	76	76	73,8	2,23

	PO	80	80	81	82	82	80	80	81	82	82	81	0,89
80	Android	80	80	81	82	82	80	80	81	82	82	81	0,89
	PO	80	85	85	85	86	87	87	85	87	85	85,2	1,94
90	Android	80	85	85	85	86	87	87	85	87	85	85,2	1,94

Hasil perhitungan persentase kesalahan dapat dilihat pada berikut ini :

1. 60 bpm

$$\begin{aligned} \% \text{ Kesalahan} &= \left| \frac{\text{hasil ukur} - \text{hasil teori}}{\text{hasil teori}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{62,1 - 60}{60} \right| \times 100\% \\ &= 0,035 \times 100\% \\ &= 3,5 \% \end{aligned}$$

2. 70 bpm

$$\begin{aligned} \% \text{ Kesalahan} &= \left| \frac{\text{hasil ukur} - \text{hasil teori}}{\text{hasil teori}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{78,8 - 70}{70} \right| \times 100\% \\ &= 0,054 \times 100\% \\ &= 5,4 \% \end{aligned}$$

3. 80 bpm

$$\begin{aligned} \% \text{ Kesalahan} &= \left| \frac{\text{hasil ukur} - \text{hasil teori}}{\text{hasil teori}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{81 - 80}{80} \right| \times 100\% \\ &= 0,012 \times 100\% \\ &= 1,2 \% \end{aligned}$$

2. 90 bpm

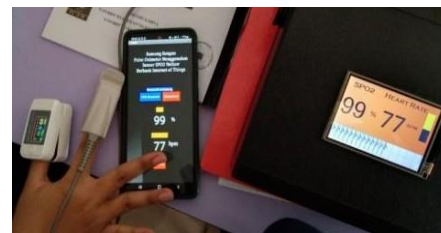
$$\begin{aligned} \% \text{ Kesalahan} &= \left| \frac{\text{hasil ukur} - \text{hasil teori}}{\text{hasil teori}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{85,2 - 90}{99} \right| \times 100\% \\ &= 0,053 \times 100\% \\ &= 5,3 \% \end{aligned}$$

Analisa data hasil pengukuran pada ini, persentasi kesalahan pada pengukuran 60 bpm yang terdapat pada tampilan sebesar 3,5% dan pada android sebesar 3,5%, dengan heart rate rata-rata pada tampilan 62,1% dan pada android sebesar 62,1%, dan standar deviasinya 2,59%. Pada pengukuran 70 bpm yang terdapat pada tampilan sebesar 5,4% dan pada android sebesar 5,4%, dengan heart rate rata-rata pada tampilan 73,8% dan pada

android sebesar 73,8%, dan standar deviasinya 2,53%. Pada pengukuran 80 bpm yang terdapat pada tampilan sebesar 1,2% dan pada android sebesar 1,2%, dengan heart rate rata-rata pada tampilan 81% dan pada android sebesar 81%, dan standar deviasinya 0,89%. Pada pengukuran 90 bpm yang terdapat pada tampilan sebesar 5,3% dan pada android sebesar 5,3%, dengan heart rate rata-rata pada tampilan 85,2% dan pada android sebesar 85,2%, dan standar deviasinya 1,94%. Hasil tersebut didapatkan pada rumus di atas dan kondisi sensor SPO2 Nellcor dalam keadaan cukup baik.

Pengujian rancangan Alat dengan Pulse Oximetri

Setelah dilakukan proses uji banding dengan alat kalibrator prosim maka alat akan diuji dengan alat yang ada dipasaran yaitu Pulse oximetri



Gambar 6. Pengujian Alat dengan Pulse Oximetri

Hal ini dilakkukan untuk menguji layak dan sesuaianya hasil SPO2 dan heart rate yang ditampilkan pada alat, apakah sudah sesuai dan layak digunakan.

Pengujian ini dilakukan dengan data uji percobaan menggunakan jari tangan manusia yang berbeda. Parameter yang diuji adalah saturasi oksigen (SPO2) dan heart rate. Sample data juga membedakan diantara umur dan jenis kelamin para manusia yang diuji agar memaksimalkan validasi data uji. Pada setiap pengujian juga melakukan secara bersamaan untuk telemonitoring menggunakan android.



Gambar 7. Telemonitoring Menggunakan Android

Tabel 3. Perbandingan Nilai SPO2 dengan Alat Pulse Oximeter

Nama	L/P	Umur (tahun)	Tampilan Alat	Pulse Oximetry	Selisih Nilai
Ali	L	23	99%	98%	1
Brian	L	21	99%	98%	1
Ikhsan	L	21	98%	96%	2
Tasya	P	21	98%	98%	0
Kyara	P	22	99%	98%	1
Revita	P	21	98%	97%	1
Devia	P	20	98%	98%	0
Bintari	P	21	99%	99%	0
Ditto	L	20	98%	96%	2
Wahid	L	21	98%	98%	0
Rata – rata selisih					0,8 %

Analisa data pada hasil perbandingan saturasi oksigen alat pulse oximeter yang dibuat oleh penulis dengan saturasi oksigen alat pulse oximeter pabrikan selisih nilai terkecil pada alat 0 % dan selisih nilai terbesar pada alat 2%. Dan hasil rata-rata selisih nilai SPO2 sebesar 0,8%. Hasil tersebut didapatkan pada rumus di atas dan kondisi sensor SPO2 Nellcor dalam keadaan baik.

Tabel 4. Perbandingan nilai Heart Rate dengan alat Pulse Oximeter

Nama	L/P	Umur (tahun)	Tampilan Alat	Pulse Oximetry	Selisih Nilai
Ali	L	23	83 bpm	83 bpm	0
Brian	L	21	88 bpm	91 bpm	3
Ikhsan	L	21	83 bpm	90 bpm	7
Tasya	P	21	85 bpm	87 bpm	2
Kyara	P	22	88 bpm	83 bpm	5
Revita	P	21	82 bpm	89 bpm	7
Devia	P	20	54 bpm	56 bpm	2
Bintari	P	21	78 bpm	77 bpm	1
Ditto	L	20	77 bpm	76 bpm	1
Wahid	L	21	77 bpm	75 bpm	2
Rata – rata selisih					3bpm

Analisa data pada hasil perbandingan heart rate alat pulse oximeter yang dibuat oleh penulis dengan heart rate alat pulse oximeter pabrikan selisih nilai terkecil pada alat 0 bpm dan selisih nilai terbesar pada alat 7bpm. Dan hasil rata-rata selisih nilai heart rate sebesar 3 bpm. Hasil tersebut didapatkan pada rumus di atas dan kondisi sensor SPO2 Nellcor dalam keadaan baik.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian peneliti dapat ditarik kesimpulan yaitu

1. Pada rancang bangun peneliti menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler. Sensor SpO2 Nellcor untuk mendeteksi saturasi oksigen dalam darah dan detak jantung. Kemudian hasil pengukuran sensor tersebut ditampilkan pada LCD Nextion dan smartphone secara *realtime*.

2. Uji fungsi yang dilakukan pada rancang bangun ini menggunakan alat kalibrator Prosim 8, pada pengukuran saturasi oksigen hipoksemia sebesar 94% yang terdapat pada tampilan sebesar 0,2% dan pada android sebesar 0,2%, dengan SPO2 rata-rata pada tampilan 94,2% dan pada android sebesar 94,2%, dan standar deviasinya 0,42%. Pengukuran normal sebesar 95% yang terdapat pada tampilan sebesar 0,3% dan pada android sebesar 0,3%, dengan SPO2 rata-rata pada tampilan 95,3% dan pada android sebesar 95,3%, dan standar deviasinya 0,48%. Pengukuran normal 96% yang terdapat pada tampilan sebesar 0,1% dan pada android sebesar 0,1%, dengan SPO2 rata-rata pada tampilan 96,1% dan pada android sebesar 96,1%, dan standar deviasinya 0,57%. Pengukuran normal 97% yang terdapat pada tampilan sebesar 0% dan pada android sebesar 0%, dengan SPO2 rata-rata pada tampilan 97% dan pada android sebesar 97%, dan standar deviasinya 0%. Pengukuran normal pada 98% yang terdapat pada tampilan sebesar 0,1% dan pada android sebesar 0,1%, dengan SPO2 rata-rata pada tampilan 97,9% dan pada android sebesar 97,9%, dan standar deviasinya 0,57%. Pengukuran 99% yang terdapat pada tampilan sebesar 0,3% dan pada android sebesar 0,3%, dengan SPO2 rata-rata pada tampilan 98,7% dan pada android sebesar 98,7%, dan standar deviasinya 0,48%. Pengukuran 100% yang terdapat pada tampilan sebesar 1,2% dan pada android sebesar 1,2%, dengan SPO2 rata-rata pada tampilan 98,8% dan pada android sebesar 98,8%, dan standar deviasinya 0,42%. Pada pengukuran heart rate 60 bpm yang terdapat pada tampilan sebesar 3,5% dan pada android sebesar 3,5%, dengan heart rate rata-rata pada tampilan 62,1% dan pada android sebesar 62,1%, dan standar deviasinya 2,59%. Pada pengukuran 70 bpm yang terdapat pada tampilan sebesar 5,4% dan pada android sebesar 5,4%, dengan heart rate rata-rata pada tampilan 73,8% dan pada android sebesar 73,8%, dan standar deviasinya 2,53%. Pada pengukuran 80 bpm yang terdapat pada tampilan sebesar 1,2% dan pada android sebesar 1,2%, dengan

heart rate rata-rata pada tampilan 81% dan pada android sebesar 81%, dan standar deviasinya

0,89%. Pada pengukuran 90 bpm yang terdapat pada tampilan sebesar 5,3% dan pada android sebesar 5,3%, dengan heart rate rata-rata pada tampilan 85,2% dan pada android sebesar 85,2%, dan standar deviasinya 1,94%.

Saran

Setelah dilakukan penelitian dan uji fungsi alat ini dapat dikembangkan dengan pengembangan yang pertama yaitu peneliti berharap bagi siapapun yang akan meneliti, semoga kedepannya ada inovasi atau update yang terjadi pada alat. Adapun pengembangan yang kedua bagi siapapun yang akan melanjutkan penelitian pada alat dengan parameter lain seperti parameter lain diantaranya adalah ECG, IBP, dan respirasi.

Daftar Rujukan

1. Budi DBS, Maulana R, Fitriyah H. Sistem Deteksi Gejala Hipoksia Berdasarkan Saturasi Oksigen Dengan Detak Jantung Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis Arduino. *J Pengemb Teknol Inf dan Ilmu Komputer [Internet]*. 2019;3(2):1925–33. Available from: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
2. Qomaruddin Q. PENGUKURAN KADAR HEMOGLOBIN (Hb) DARAH DENGAN METODE NONINVASIF MENGGUNAKAN LASER. *Instrumentasi*. 2016;40(1):15.
3. Pardede SO. Infeksi pada Ginjal dan Saluran Kemih Anak: Manifestasi Klinis dan Tata Laksana. *Sari Pediatr*. 2018;19(6):364.
4. Atik NS, Susilowati E, Kristinawati. Gambaran Kadar Hemoglobin pada Remaja Putri di SMK Wilayah Dataran Tinggi. *J Indones Kebidanan [Internet]*. 2022;6(2):61–8. Available from: <http://ejr.stikesmuhkudus.ac.id/index.php/ijb/article/view/1731/1033>
5. Haris Kuspranoto A, Ulin Nuha Aba M. HEMOGLOBIN METER NON INVASIF BERBASIS ARDUINO DESIGN AND

- DEVELOPMENT OF NON INVASIVE HEMOGLOBIN METER LEVELS MEASURING SYSTEM BASED ON ARDUINO MEGA. 2021;2(1).
6. Kirson LE, Koltres-Edwards R. Pulse Oximetry. *Anesth Secrets*, Fourth Ed. 2010;168–74.
 7. Priebe H-J. Pulse Oximetry, 2nd Edn. *Br J Anaesth*. 2002;89(5):802–3.
 8. WHO Guideline. Vol. 2, Food and Nutrition Bulletin. 1980. 1–3 p.
 9. Khairunnisa S, Gede ID, Wisana H, Priyambada I, Nugraha C, Elektromedik JT. Rancang Bangun Pulse Oximeter Berbasis Iot (Internet of Things). *E-Journal Poltekes Kemenkes Surabaya*. 2018;1–9.
 10. Andrianto W, Athira AB. Telemedicine (Online Medical Services) Dalam Era New Normal Ditinjau Berdasarkan Hukum Kesehatan (Studi: Program Telemedicine Indonesia/Temenin Di Rumah Sakit Dr. Cipto Mangunkusumo). *J Huk Pembang*. 2022;52(1):220–50.
 11. Semiconductor Inc F. Pulse Oximeter - Fundamentals and Design. 2011.
 12. Chugh S, Kaur J. Non-invasive hemoglobin monitoring device. 2015 *Int Conf Control Commun Comput India, ICCCI 2015*. 2016;(November):380–3.
 13. Antonevich AI, Butskii V V., Vetokhin SS, Sarzhevskii AM. *Instrumentation Amplifier*. Vol. 24, Instruments and experimental techniques New York. 1981. p. 444–5.
 14. Universitas Indonesia, Universitas Brawijaya, Institute of Electrical and Electronics Engineers. Indonesia Section., Institute of Electrical and Electronics Engineers. *ISSIMM 2018 : the 3rd International Seminar on Sensors, Instrumentation, Measurement and Metrology : the Margo Hotel, Depok, Indonesia*, December 4-5th, 2018.
 15. Hurint RB, Andrianto D, Kuspranoto AH. KONTROL SUHU SECARA OTOMATIS BERBASIS ARDUINO MEGA 2560 DESIGN AND BUILD PARAFFIN BATH TOOL WITH AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROL BASED ON ARDUINO MEGA 2560. *Med Trada J Tek ELektromedik Polbitrada*. 2022;3:8–13.
 16. Pangesti DL, Ulin M, Aba N, Kuspranoto AH. ALKOHOL TESTER DIGITAL UNTUK MAKANAN DAN MINUMAN MENGGUNAKAN SENSOR TGS 2620 BERBASIS IOT DIGITAL ALCOHOL TESTER FOR FOOD AND BEVERAGE USING IOT-BASED TGS 2620 SENSOR. *Med Trada J Tek ELektromedik Polbitrada*. 2022;3:1–7.
 17. Cholissodin I, Setyawan GE. Pengembangan Reinforcement Learning (RL) Single-Agent Menggunakan Improve Q-Learning. *Semin Nas Teknol Rekayasa Inf*. 2019;(September).
 18. Indriani DPP, Yudianingsih Y, Utari EL. Perancangan Pulse Oximetry Dengan Sistem Alarm Prioritas Sebagai Vital Monitoring Terhadap Pasien. *Respati*. 2017;9(27):93–107.
 19. Subramanian B. Non Invasive Haemoglobin Meter. *Middle-East J Sci Res*. 2016;24:21–5.