

Sistem Monitoring Denyut Jantung dan Saturasi Oksigen Berbasis Bluetooth HC-05 Berbasis IoT

Bluetooth-based Heart Rate and Oxygen Saturation Monitoring System HC-05 Based on IoT

Moh. Afandy
Prodi Teknik Listrik dan Instalasi
Politeknik Industri Logam Morowali
Morowali, Indonesia
Fandhymoh@gmail.com

Muhammad Ikkal Rianto
Prodi Teknik Listrik dan Instalasi
Politeknik Industri Logam Morowali
Morowali, Indonesia
Ikbal@pilm.com

Muhammad Farhan Putra P
Prodi Teknik Listrik dan Instalasi
Politeknik Industri Logam Morowali
Morowali, Indonesia
muhammadfarhanputra533@gmail.com

Diterima : September 2024
Disetujui : November 2024
Dipublikasi : Januari 2025

Abstrak— Tujuan penelitian ini merancang alat pengukur detak jantung dan saturasi oksigen menggunakan metode *reflectance* yang sesuai dengan alat yang terstandarisasi dan terhubung pada aplikasi melalui koneksi *bluetooth* dengan adanya sistem pelaporan terhadap hasil pengukuran yang memiliki kinerja jantung yang abnormal. Penelitian ini menggunakan menggunakan metode rancang bangun dengan penggunaan sensor Max30100 sebagai komponen utama pada alat ini. Berdasarkan hasil pengujian komponen sensor alat dalam pengujian tingkat kinerja jantung berupa detak jantung dan saturasi oksigen dengan metode *reflectance* pada pengujian dengan alat pembanding berupa *pulse oxymeter fingertip* didapatkan rerata persentase *error* sebesar 1,73% dan akurasi pengukuran sebesar 98,38%. Pengujian dengan alat pembanding serupa dilakukan *Smart Y68* didapatkan rata-rata persentase *error* 1,73% dan akurasi pengukuran sebesar 98,27%. Adapun pengujian alat dengan responden didapatkan hasil bahwa dari 2/5 dari sampel memiliki tingkat kinerja jantung yang sehat tapi memerlukan perhatian pada detak jantung, yaitu sampel A2 dan A4. Dalam rancangan disematkan sematkan sistem pelaporan lokasi dari penggunaan aplikasi sistem jarak jauh. Hasil pelacakan lokasi didapatkan nilai *error* sebesar 0,002192% dengan rata-rata persentase *error* pada *latitude* sebesar 0,0043% dan rata-rata persentase *error* pada *longitude* sebesar 0,000084%.

Kata Kunci—*Electronic circuits; Detak Jantung; Saturasi Oksigen; Sensor Max30100; IoT.*

Abstract— *The purpose of this study was to design a heart rate and oxygen saturation measuring device using the reflectance method that is in accordance with standardized devices and connected to the application via a Bluetooth connection with a reporting system for measurement results that have abnormal heart performance. This study uses a design method with the use of the Max30100 sensor as the main component of this device. Based on the results of testing the sensor components of the device in testing the level of heart performance in the form of heart rate and oxygen saturation with the reflectance method in testing with a comparative device in the form of a fingertip pulse oximeter, an average error percentage of 1.73% and a measurement accuracy*

of 98.38% was obtained. Testing with a similar comparative device was carried out by the Smart Y68, an average error percentage of 1.73% and a measurement accuracy of 98.27%. As for testing the device with respondents, the results showed that 2/5 of the samples had a healthy heart performance level but required attention to their heart rate, namely samples A2 and A4. The design embedded a location reporting system from the use of the remote system application. The location tracking results obtained an error value of 0.002192% with an average percentage error in latitude of 0.0043% and an average percentage error in longitude of 0.000084%.

Keywords— *Electronic circuits; Heart Rate; Oxygen Saturation; Max30100 Sensor; IoT.*

I. PENDAHULUAN

Jantung merupakan organ tubuh manusia yang berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh manusia, sedangkan di dalam darah terdapat makanan dan oksigen bagi seluruh sel dan jaringan. Ketika jantung tidak berfungsi dengan normal, berbagai fungsi tubuh akan terganggu[1]. Tubuh manusia membutuhkan oksigen dalam batas normal untuk menunjang kinerja setiap sel dalam tubuh. Kadar oksigen dalam darah atau saturasi oksigen menunjukkan seberapa baik oksigen terdistribusi dalam tubuh. Kondisi ketika saturasi oksigen tidak dalam batas normal dapat mengganggu kemampuan organ dan jaringan dalam menjalankan fungsinya[2]-[3], yang dapat menyebabkan sesak napas, kegagalan organ, hingga kematian. Mengingat pentingnya fungsi dan peran jantung, maka informasi mengenai kondisi kesehatan jantung menjadi sangat penting.

Saat ini pengecekan denyut jantung dan saturasi oksigen masih banyak menggunakan cara manual. Pengukuran denyut jantung secara manual dapat dilakukan dengan menghitung denyut nadi per menit pada pergelangan tangan[4]. Pengukuran dengan cara ini juga tidak dapat melihat aktivitas denyut jantung dan saturasi oksigen secara otomatis serta

tidak dapat dilakukan pada orang yang tempat tinggalnya jauh dari rumah sakit. Maka untuk mendapatkan informasi tersebut dibutuhkan suatu sistem yang dapat merekam informasi denyut jantung dan saturasi oksigen serta dapat menjangkau daerah yang jauh[5].

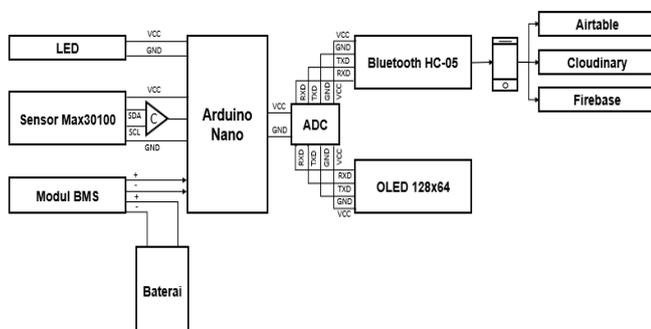
Pemantauan denyut jantung dan saturasi oksigen secara terus menerus bukanlah suatu hal yang mudah untuk dilakukan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem yang dapat membantu memantau kesehatan dengan mudah dan efektif[6]. Sistem denyut jantung dan saturasi oksigen berbasis bluetooth HC-05 dapat menjadi solusi yang tepat untuk melakukan pemantauan kesehatan. Sistem ini dapat dihubungkan dengan smartphone melalui koneksi bluetooth, sehingga data denyut jantung dan saturasi oksigen dapat ditampilkan dengan mudah [7], [8]. Teknik pengukuran yang berbasis optik atau fotoplethismografi dapat digunakan untuk memperoleh informasi denyut jantung dan saturasi oksigen secara otomatis. Dengan metode ini sistem dapat merekam seluruh informasi denyut jantung dan saturasi oksigen secara terus menerus[7], [8], [9], [10], [11], [12], sehingga apabila denyut jantung dan saturasi oksigen tidak normal maka pertolongan dapat segera diberikan dan dapat digunakan dimana saja serta mudah digunakan.

Agar dapat merekam informasi denyut jantung dan saturasi oksigen maka dibutuhkan suatu database untuk hal tersebut. Selain itu dibutuhkan suatu sarana pendukung untuk pelaporan apabila terjadi denyut jantung dan saturasi oksigen yang tidak normal. Oleh karena itu, penulis merancang sebuah alat yang memiliki sistem yang dapat mengukur parameter kesehatan tubuh berupa denyut jantung dan saturasi oksigen, alat ini memiliki indikator LED dan hasil pengukuran tersebut akan dikirim ke aplikasi melalui koneksi bluetooth HC-05 untuk dipantau melalui aplikasi. Setelah itu, data tersebut diolah dalam database berupa Airtable untuk pencatatan informasi denyut jantung dan saturasi oksigen.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun. Jenis penelitian rancang bangun merupakan rangkaian prosedur untuk menerjemahkan hasil analisa pengembangan dari sebuah sistem ke dalam bahasa pemrograman dan mendeskripsikan dengan detail bagaimana komponen-komponen sistem di implementasikan sehingga menjadi satu kesatuan yang utuh.

A. Block Diagram



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Berdasarkan gambar 1. perancangan alat ini memanfaatkan baterai untuk memberikan tegangan pada

setiap rangkaian. Selain itu, alat ini juga menyediakan modul BMS yang berguna untuk mengisi ulang baterai. Ketika rangkaian ini diberikan tegangan, maka OLED dan LED akan menyala yang menandakan bahwa alat ini dapat dioperasikan. Dengan beroperasinya alat tersebut, modul bluetooth HC-05 akan secara otomatis terhubung dengan aplikasi yang telah dibuat.

Pengukuran SpO2 dan denyut jantung dilakukan dari jari telunjuk, dahi, dan tulang temporal [7][8] Selama pengukuran, nilai konstan sebesar 50 mA diterapkan pada LED inframerah di sensor sementara nilai arus untuk LED merah diubah antara 4,4 mA dan 20,8 mA dalam interval waktu diskrit. Pengukuran referensi dilakukan dengan oksimeter pulsa dari jari telunjuk kanan secara bersamaan selama semua pengukuran. Temuan menunjukkan bahwa nilai arus LED merah sebesar 14,2 mA memberikan hasil yang serupa dengan perangkat referensi.

Setelah itu, sensor max30100 akan menembakkan cahaya melalui LED inframerah ke kulit manusia untuk mendapatkan halangan berupa darah yang akan menyebabkan sinar cahaya tersebut menyebar. Semakin banyak cahaya yang tersebar, berarti semakin banyak partikel dalam darah yang menentukan tingkat saturasi oksigen dan denyut jantung. Sedangkan untuk menangkap penyebaran tersebut, terdapat fotodiode yang tersedia pada sensor max30100. Setelah mendapatkan data dari fotodiode, data tersebut akan diubah dalam bentuk tegangan pada ADC (Analog to Digital Converter) yang akan dikirim oleh mikrokontroler berupa Arduino.

Pada Arduino, tegangan tersebut akan diolah untuk memproses data yang telah terbaca oleh sensor. Jika tegangan yang dihasilkan tinggi, maka banyak ditemukan penyebaran cahaya, hal ini akan membuat lampu LED hijau menyala yang menandakan bahwa saturasi oksigen dan denyut jantung baik. Sedangkan jika tegangan yang dihasilkan rendah, maka sedikit ditemukan penyebaran cahaya, hal ini akan membuat lampu LED merah menyala yang menandakan bahwa saturasi oksigen dan denyut jantung kurang baik. Untuk data yang lebih jelas dan memudahkan pengguna, penulis menyediakan aplikasi berbasis Android yang akan memberikan data pada aplikasi.

B. Desain Perangkat

Perancangan perangkat keras pada alat ini memanfaatkan media sensor. Sensor merupakan suatu perangkat keras yang dirancang agar mampu menerima input dari lingkungannya, tergantung pada tujuan dibuatnya sensor tersebut. Input yang diterima oleh sensor, akan diteruskan ke dalam sistem dalam bentuk sinyal digital yang selanjutnya dapat dibaca oleh komputer dan diolah lebih lanjut. Selain memanfaatkan sensor, alat ini juga memanfaatkan beberapa perangkat keras lain yang berguna sebagai tempat pengolahan dan keluaran.



Gambar 2. Alat Desain Keseluruhan

Gambar 2 merupakan bentuk rancangan alat dengan dimensi alat berupa kotak berukuran panjang 12,5 cm, lebar 8,5 cm, dan tinggi 5 cm. Alat ini terdiri dari 6 sisi dengan bahan dasar casing plastik.

C. Software Design

Dalam perancangan aplikasi pengolahan data pada alat ini yang dikembangkan oleh penulis yaitu berupa perangkat smartphone berbasis android. Pada aplikasi pengolahan data berbasis android ini dikembangkan dengan menggunakan kodular. Pemilihan kodular sendiri dikarenakan platform ini tersedia secara gratis dan pada platform ini dapat diinstal atau dipasang pada ponsel masing-masing pengguna. Pada perangkat gadget berbasis android dengan memanfaatkan aplikasi berbasis web sehingga memberikan ruang bagi penulis untuk memanfaatkan berbagai sumber media pembelajaran melalui perangkat gadget. Adapun perancangan aplikasi visualisasi data pada perangkat diperlukan perancangan awal berupa aplikasi mobile untuk mendapatkan gambaran umum mengenai rancangan tata letak sebagai upaya mendapatkan penerapan antarmuka pengguna aplikasi dengan rancangan yang telah dirancang.



Gambar 3. Design Aplikasi

Gambar 3 dapat dilihat fitur-fitur dari aplikasi android yang telah dirancang. Sistem kerja dari aplikasi ini dimulai ketika program pertama kali dijalankan, pengguna akan diarahkan ke Splash Screen untuk kemudian diarahkan ke halaman Login atau Sign Up, setelah itu pengguna akan diarahkan ke halaman Home Screen dan pengguna dipersilakan untuk memilih fitur-fitur yang telah disediakan oleh penulis, baik itu menu utama aplikasi berupa sistem koneksi bluetooth untuk menghubungkan perangkat android pengguna dengan gawainya, adapun fitur-fitur tambahan pada aplikasi berupa fitur pelaporan dan fitur media berita.

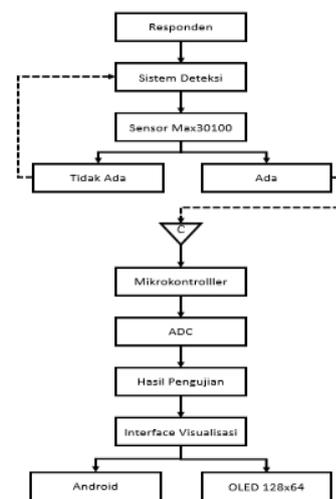
D. Prinsip Kerja Alat

Sesuai dengan fungsinya, alat ini bekerja untuk mendeteksi tingkat kinerja jantung yang memiliki parameter berupa denyut jantung dan saturasi oksigen dengan menggunakan teknik fotoplethismografi. Pada teknik fotoplethismografi yang mendeteksi perubahan penyerapan cahaya dengan metode reflektansi, artinya ada sumber cahaya yang melewati arteri dan dipantulkan lalu diterima oleh fotodioda. Metode ini dapat diaplikasikan hampir di semua bagian kulit. Sel darah yang memiliki banyak oksigen akan lebih banyak menyerap cahaya inframerah dibandingkan LED merah.

Pada alat ini, penulis memanfaatkan komponen berupa sensor Max30100 untuk menghitung jumlah cahaya yang dihamburkan. Data yang diperoleh dari hasil pembacaan sensor Max30100 akan melalui proses kalibrasi oleh Arduino Nano agar diperoleh data yang valid. Tujuan dari proses kalibrasi ini adalah untuk menyesuaikan standar pembacaan pada sensor.

Selanjutnya, data yang telah diperoleh dari hasil kalibrasi oleh Arduino Nano akan divisualisasikan pada perangkat Android. Perangkat lain yang sangat penting adalah modul Bluetooth HC-05. Karena desainnya untuk menyiapkan koneksi serial nirkabel yang transparan, modul HC 05 digunakan karena kemudahan pengoperasian modul Bluetooth SPP (Serial Port Protocol). Karena konfigurasi MASTER atau SLAVE, Modul Bluetooth HC-05 digunakan yang menjadikannya solusi hebat untuk komunikasi nirkabel. Modul Bluetooth port serial ini kompatibel dengan memiliki kecepatan Data Bluetooth V2.0+ yang Ditingkatkan dan kecepatan Modulasi 3Mbps dengan transceiver radio penuh dan pita dasar 2,4 GHz. Sistem Bluetooth memiliki chip CSR inti Biru dengan teknologi CMOS terkoordinasi AFH yang digunakan dalam modul ini. [5]

Antarmuka pemrosesan data untuk aplikasi akan dikirim melalui koneksi Bluetooth. Aplikasi ini akan memproses data yang dikirim sehingga dapat ditampilkan dalam bentuk grafik. Berikut ini dijelaskan prinsip kerja alat ini.



Gambar 4. Alur Kerja Alat

Pada alat ini penulis menggunakan mikrokontroler Arduino Nano sebagai sistem kendali utamanya, disebut pengendali utama karena Arduino Nano menjadi semua komponen pada

alat ini, baik yang menerima maupun yang mengirim data. Arduino Nano bekerja dengan cara mengeksekusi program yang diunggah. Program yang diunggah tersebut terdiri dari program pembacaan dari sensor Max30100, OLED 128x64, indikator LED, konektivitas bluetooth HC-05.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pembahasan berikut dibagi menjadi 4 bagian pengujian sebagai berikut.

A. Pengujian Karakteristik Sensor Max30100

Pengujian karakteristik sensor Max30100 dilakukan untuk menganalisis perubahan tegangan berupa respon sensor Max30100 terhadap perubahan denyut jantung (BPM) dan saturasi oksigen (%). Sensor dihubungkan dengan mikrokontroler sehingga dapat menampilkan data analog. Output berupa tegangan sensor dipantau melalui serial monitor Arduino IDE sebagai berikut

Tabel 1. Pengujian Tegangan Sensor

No	Detak Jantung (BPM)	Saturasi Oxygisen (%)	Tegangan Sensor IR (Volt)	Tegangan Sensor Red (Volt)
1	0	0	0,0001	0,0013
2	51,90	95	2,7768	2,7721
3	60,22	96	2,9801	3,0128
4	62,59	95	2,7474	2,7523
5	67,47	94	3,0579	3,1032
6	98,91	95	3,1793	3,0624
7	114,26	96	3,1952	3,2093

Berdasarkan pengujian karakteristik sensor Max30100, selanjutnya dilakukan analisis dengan menggunakan regresi linier berganda untuk memperoleh grafik hubungan antara tegangan dengan perubahan denyut jantung dan saturasi oksigen. Regresi linier dilakukan dengan menggunakan persamaan konstanta dan persamaan linier sebagai berikut :

$$y = (a + b1x^1 + b2x^2)$$

Rumus konstantanya adalah:

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

Rumus koefisiennya adalah:

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

Di mana :

x^1 = Variable Response (Nilai Tegangan Sensor IR)

x^2 = Variable Response (Nilai Tegangan Sensor Merah)

y = Faktor Variable (Denyut Jantung atau Saturasi Oksigen)

a = Konstan

b = Koefisien Regresi

Kemudian berdasarkan nilai tegangan sensor dari hasil perhitungan regresi dapat dilihat pada tabel 2

Table 2. Perhitungan Nilai Regresi

No	x_1	x_2	y	x_1y	x_2y	x_1x_2	$(x_1)^2$	(x_2)	y^2
1	0,001	0,013	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0
2	2,78	2,77	51,9	144,1	143,8	7,69	7,71	7,68	2693,6
3	2,98	3,01	60,2	179,4	181,4	8,97	8,81	9,07	3626,4
4	2,75	2,75	62,5	171,9	172,2	7,56	7,58	7,57	3917,5
5	3,06	3,10	67,4	206,3	209,3	9,48	9,31	9,63	4552,2

No	x_1	x_2	y	x_1y	x_2y	x_1x_2	$(x_1)^2$	(x_2)	y^2
6	3,18	3,06	98,9	314,4	302,9	9,73	10,11	9,37	9783,2
7	3,19	3,20	114,2	365,0	366,6	10,2	10,21	10,3	13055,3
\sum	17,94	17,91	455,3	1381,4	1376,5	53,8	53,6	53,6	7628,3

Perhitungan Konstan:

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{(455,35)(53,64) - (17,937)(1381,4)}{7(53,64) - (17,937)^2}$$

$$a = -6,5711$$

Perhitungan koefisien regresi IR:

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{9669,8 - (17,937)(455,35)}{7(53,64) - (17,937)^2}$$

$$b = 27,95$$

Perhitungan koefisien regresi RED

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{9635,5 - (17,913)(455,35)}{7(53,64) - (17,913)^2}$$

$$b = 27,07$$

Sehingga diperoleh nilai persamaan regresi linier berganda untuk 2 variabel bebas sebagai berikut :

$$y = (a + b1x^1 + b2x^2)$$

$$y = -6,5711 + 27,95x_1 + 27,07x_2$$

B. Pengujian Alat dengan Komparator

Pada pengujian berikut ini, alat diuji menggunakan alat pembanding. Metode ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan pengukuran yang diperoleh pada hasil rancangan. Pada pengujian pembanding berikut ini, digunakan alat Fingertip Oxymeter dan Smart Y68. Hasil pengujian berupa data saturasi oksigen dan denyut jantung dengan kedua alat pembanding tersebut ditunjukkan pada tabel berikut ini:

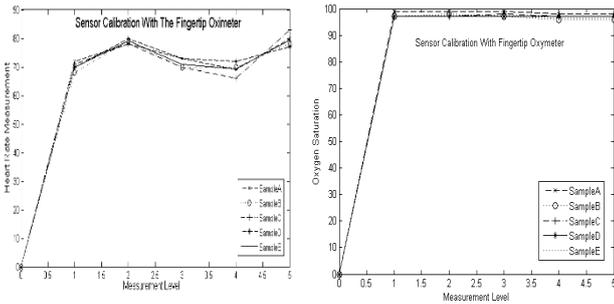
Table 3. Hasil Uji dengan Alat Perbandingan Oksimeter

Comparison With Fingertip Pulse Oxymeter								
Heart Rate								
Sample	Fingertip Pulse Oxymeter	$X_{Repetition}$				Accuracy%	Error%	Description Tool
		x_1	x_2	x_3	\bar{x}			
A	72	68	71	70	69,7	96,81	3,19	Yes
B	78	79	78	80	79	98,80	1,20	Yes
C	73	70	70	73	71	97,26	2,74	Yes
D	69	70	66	72	69,3	99,57	0,43	Yes
E	80	78	83	77	79,3	99,13	0,87	Yes
Oxygen Saturation								
Sample	Fingertip Pulse Oxymeter	$X_{Repetition}$				Accuracy%	Error%	Description Tool
		x_1	x_2	x_3	\bar{x}			
A	99	97	97	97	97	97,98	2,02	Yes
B	99	98	97	97	97,3	98,28	1,72	Yes
C	99	97	98	97	97,3	98,28	1,72	Yes
D	98	96	97	97	96,6	98,58	1,42	Yes
E	98	96	97	97	96,6	98,58	1,42	Yes
Average						98,38	1,62	

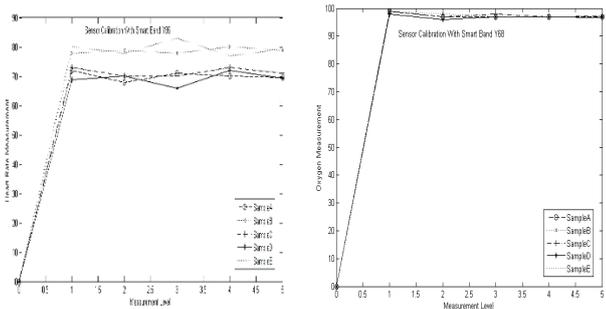
Table 4. Hasil Uji dengan Alat Perbandingan Y68

Comparison With Smart Y68								
Heart Rate								
Sample	Smart Y68	X _{repetition}				Accuracy%	Error%	Description Tool
		X ₁	X ₂	X ₃	\bar{x}			
A	72	68	71	70	69,7	96,81	3,19	Yes
B	78	79	78	80	79	98,80	1,20	Yes
C	73	70	70	73	71	97,26	2,74	Yes
D	69	70	66	72	69,3	99,57	0,43	Yes
E	80	78	83	77	79,3	99,13	0,87	Yes
Average						98,38	1,62	

Oxygen Saturation								
Sample	Smart Y68	X _{repetition}				Accuracy%	Error%	Description Tool
		X ₁	X ₂	X ₃	\bar{x}			
A	99	97	97	97	97	97,98	2,02	Yes
B	99	98	97	97	97,3	98,28	1,72	Yes
C	99	97	98	97	97,3	98,28	1,72	Yes
D	98	96	97	97	96,6	98,58	1,42	Yes
E	98	96	97	97	96,6	98,58	1,42	Yes



Gambar 5. Pengukuran denyut jantung dan saturasi Oksigen saat istirahat dengan alat perbandingan Fingertip Oximeter.



Gambar 6. Pengujian pengukuran detak jantung dan Saturasi Oksigen dengan alat perbandingan Y68

Pada pengujian dengan perbandingan alat untuk kalibrasi alat yang dapat dilihat pada Pulse Oxymeter Fingertip didapatkan rata-rata keakuratan alat sebesar 98,38%, sedangkan pada perbandingan alat ini dengan Pulse Oxymeter Fingertip yang memiliki presentase keakuratan paling tinggi pada denyut jantung yaitu pada sampel D dengan keakuratan sebesar 99,57% dan presentase keakuratan paling tinggi pada saturasi oksigen yaitu sampel D dan E yang memiliki presentase sebesar 98,58%, pada pengujian perbandingan ini didapatkan yang memiliki presentase galat paling besar yaitu sampel A dengan presentase galat sebesar 3,19% pada denyut jantung dan 2,02% pada saturasi oksigen.

Sedangkan untuk pengujian dengan alat pembanding Smart Y68 didapatkan rata-rata keakuratan alat sebesar 98,27%, sedangkan pada perbandingan alat ini dengan Smart Y68 yang memiliki presentase paling tinggi yaitu sampel A dengan keakuratan sebesar 99,56% pada denyut jantung dan 100% pada saturasi oksigen. Pada pengujian ini juga ditemukan bahwa yang mempunyai presentase kesalahan paling besar terdapat pada sampel E dengan presentase

kesalahan sebesar 2,44% pada denyut jantung dan 4,21% pada saturasi oksigen.

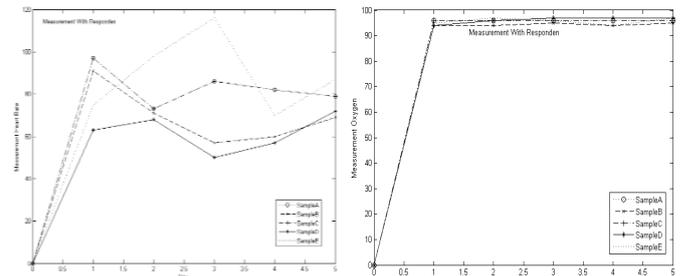
C. Pengujian Alat dengan Responden

Pada pembahasan berikut ini, pengujian sensor Max30100 pada alat ini dilakukan dengan cara menguji objek berupa responden yang ditujukan untuk penyesuaian terhadap sistem. Pada bagian ini dilakukan terhadap 5 orang sebagai sampel data dengan rentang waktu pengujian 1 minggu. selama 5 hari. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan keberhasilan sensor dalam mendeteksi kinerja jantung. Berikut ini adalah hasil pengujian sistem pada alat tersebut.

Table 5. Pengukuran denyut jantung dan saturasi oksigen menggunakan Responden.

Code	Name	Age (Years)	Respondent Data										Sampel Aplikasi
			Heart rate (BPM)					Oxygen Saturation (%)					
			Day - x					Day - x					
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
A1	SamA	20	97	73	86	82	79	96	96	96	96	96	Yes
A2	SamB	19	91	71	57	60	69	94	94	95	94	95	Yes
A3	SamC	21	97	73	86	82	79	96	96	96	96	96	Yes
A4	SamD	20	63	68	50	57	72	94	96	97	97	97	Yes
A5	SamE	19	75	98	116	70	87	95	97	96	94	97	Yes

Dapat dilihat pada pengujian sensor Max30100 berdasarkan data responden, didapatkan bahwa responden berkode A5 mendapatkan nilai yang sehat, baik berupa denyut jantung maupun saturasi oksigen. Sedangkan untuk nilai yang sehat namun perlu diperhatikan terdapat pada responden berkode A2 dan A4. Oleh karena itu, hasil pengujian dari tabel 5 di atas ditunjukkan pada grafik di bawah ini.



Gambar 7. Pengukuran Denyut Jantung dan Saturasi Oksigen pada responden

Dapat dilihat dari hasil pengamatan pada grafik 7, pengukuran tingkat kinerja jantung pada BPM dengan metode reflektansi pada responden, beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu hasil pengujian dengan menggunakan responden bekerja dengan baik. Dari 5 sampel responden pengujian, 2 diantaranya perlu mendapat perhatian khusus berdasarkan hasil pengukuran.

D. Pengujian Sistem Pelaporan pada Aplikasi

Pengujian ini dilakukan dengan metode pelacakan lokasi hasil pengukuran responden terhadap aplikasi yang telah dibangun. Fitur Report pada aplikasi yang telah dibangun akan menampilkan koordinat lokasi dengan menggunakan Tracking on Maps. Berikut ini adalah gambar lokasi pengujian aplikasi.



Gambar 10. Lokasi Pelacakan Pengukuran Responden

Lokasi referensi digunakan sebagai pembandingan aplikasi dengan metode validasi lokasi. Berdasarkan hasil perbandingan akurasi lokasi dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

Table 6. Uji Pelacakan Lokasi Responden

No	Location	Latitude Referensi	Latitude	ΔLatitude	Error%
1	Rusunawa Labota	-2,85791	-2,85816	0,00025	0,0087
2	Alfamidi Labota	-2,85795	-2,85794	-0,00001	0,0004
3	Starmart Labota	-2,86659	-2,86647	-0,00012	0,0041
4	SD Negeri Labota	-2,86896	-2,86907	0,00011	0,0038
Rerata Nilai Error Latitude					0,0043
No	Location	Longitude Referensi	Longitude	ΔLongitude	Error%
1	Rusunawa Labota	122,18134	122,18132	0,00002	0,000016
2	Alfamidi Labota	122,18268	122,18278	-0,0001	0,000081
3	Starmart Labota	122,18152	122,18168	-0,00016	0,00013
4	SD Negeri Labota	122,18184	122,18198	-0,00014	0,00011
Rerata Value Error Longitude					0,000084
Average Location Error Value in the Application					0,002192

Dalam pengujian perbandingan dengan lokasi referensi di Google Maps, persentase kesalahan rata-ratanya adalah 0,002192% dengan persentase kesalahan lintang 0,0043% dan persentase kesalahan bujur 0,002192%. Persentase kesalahan terbesar ada di lokasi Starmart Labota yaitu 0,0041% pada lintang dan 0,00013% pada bujur.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dalam proses perancangan, perakitan dan pengujian alat dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian alat sensor komponen dalam pengujian tingkat kinerja jantung berupa denyut jantung dan saturasi oksigen dengan metode reflektansi pada pengujian dengan alat pembandingan berupa fingertip pulse oximeter diperoleh presentase kesalahan rata-rata sebesar 1,62% dan akurasi pengukuran sebesar 98,38%. Pengujian dengan alat pembandingan Smart Y68 diperoleh presentase kesalahan rata-rata sebesar 1,73% dan akurasi pengukuran sebesar 98,27%. Sedangkan untuk hasil pengujian alat dengan responden didapatkan sebanyak 2/5 sampel memiliki tingkat kinerja jantung sehat namun perlu diperhatikan denyut jantung yaitu sampel kode A2 dan A4. Pada pengujian koneksi alat dengan aplikasi melalui koneksi bluetooth didapatkan bahwa pengiriman alat ke aplikasi dapat terkirim dan data akan tersimpan pada database Airtable. fffSerta hasil pengujian fitur pelaporan pada aplikasi berupa pelaporan lokasi kejadian apabila kinerja jantung tidak normal dengan

perbandingan lokasi referensi Google Maps, diperoleh hasil nilai rata-rata error pada aplikasi sebesar 0,002192% dengan rata-rata presentase error pada garis lintang sebesar 0,0043% dan rata-rata presentase error pada garis bujur sebesar 0,000084%.

REFERENSI

- [1] Khushi Singh, Pradheep Thiyagarajan, and Sasikumar P, "Design and implementation of IoT enabled low cost SPO2 and heart rate monitoring system," *2022 IEEE Delhi Section Conference (DELCON)*, pp. 1–6, Feb. 2022.
- [2] A. T. Ayance, H. S. Ramirez, J. M. R. Perez, and C. G. T. Palacios, "Low-cost microcontrolled based wireless heart rate and oxygen saturation monitor," in *2018 International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP)*, IEEE, Feb. 2018, pp. 176–180. doi: 10.1109/CONIELECOMP.2018.8327195.
- [3] M. I. Kadhim, R. A. Fayadh, and J. F. Mahdi, "Design a medical device to monitor the human body (blood oxygen saturation, heart rate, body temperature)," in *2022 International Conference for Natural and Applied Sciences (ICNAS)*, IEEE, May 2022, pp. 52–57. doi: 10.1109/ICNAS55512.2022.9944718.
- [4] A. U. Hassan, Y. O. Salihu, and M. J. Musa, "Real-Time Monitoring of Heart Beat Rate and SpO2 Based on Internet of Things," in *2021 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET)*, IEEE, Dec. 2021, pp. 1–4. doi: 10.1109/ICECET52533.2021.9698527.
- [5] C. Nwibor *et al.*, "Remote Health Monitoring System for the Estimation of Blood Pressure, Heart Rate, and Blood Oxygen Saturation Level," *IEEE Sens J*, vol. 23, no. 5, pp. 5401–5411, Mar. 2023, doi: 10.1109/JSEN.2023.3235977.
- [6] O. Y. Tham, M. A. Markom, A. H. A. Bakar, E. S. M. M. Tan, and A. M. Markom, "IoT Health Monitoring Device of Oxygen Saturation (SpO2) and Heart Rate Level," in *2020 1st International Conference on Information Technology, Advanced Mechanical and Electrical Engineering (ICITAMEE)*, IEEE, Oct. 2020, pp. 128–133. doi: 10.1109/ICITAMEE50454.2020.9398455.
- [7] K. B. Saçan and G. Ertaş, "Performance assessment of MAX30100 SpO 2 /heartrate sensor," in *2017 Medical Technologies National Congress (TIPTEKNO)*, IEEE, Oct. 2017, pp. 1–4. doi: 10.1109/TIPTEKNO.2017.8238126.
- [8] D. K. S. Nadiger, J. Dhanush, R. Vikas, S. K. B V, A. R. Naik, and C. G. M, "E-Health Tracker: An IoT-Cloud Based Health Monitoring System," in *2022 4th International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, IEEE, Jan. 2022, pp. 35–39. doi: 10.1109/ICSSIT53264.2022.9716540.
- [9] S. M. G. Mostafa, M. Zaki, M. M. Islam, M. S. Alam, and Md. A. Ullah, "Design and Implementation of an IoT-Based Healthcare Monitoring System," in *2022 International Conference on Innovations in Science, Engineering and Technology (ICISSET)*, IEEE, Feb. 2022, pp. 362–366. doi: 10.1109/ICISSET54810.2022.9775850.
- [10] H. Nagaraja and Abhishek, "Heart Rate and SPO 2 Monitoring App while Exercising Squats for Smartphone," in *2022 1st International Conference on Informatics (ICI)*, IEEE, Apr. 2022, pp. 244–246. doi: 10.1109/ICI53355.2022.9786876.
- [11] M. Afandy, A. A. Akbar, and A. H. Mubarak, "Rancang Bangun Sistem Distribusi Grease Secara Otomatis Dengan Metode Penjadwalan," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 130–135, Jul. 2023, doi: 10.37905/jjee.v5i2.17193.
- [12] M. Afandy, Muh. A. Nur, and A. H. Mubarak, "Power Monitoring System for 3-Phase Electric Motors Using IoT-

Based Current Transformers and Potential Transformers,”
in *2022 2nd International Seminar on Machine Learning,
Optimization, and Data Science (ISMODE)*, IEEE, Dec.
2022, pp. 420–425. doi:
10.1109/ISMODE56940.2022.10181008.