

Pembuatan Prototipe Sistem Pemantauan Gejala Aritmia dan Hipoksemia Berbasis IoT

Sal Sabila Eka Pratama Yudha¹, Mayda Waruni Kasrani², Aswadul Fitri Saiful Rahman³

^{1,2,3}Teknik Elektro,Fakultas Teknologi Industri Universitas Balikpapan
Jln. Pupuk Raya Gn. Bahagia Balikpapan 76114 INDONESIA
Email: ^{1,2}mayda@uniba-bpn.ac.id

Abstract—*Smart oximeter technology is constantly evolving. However, there are still many shortcomings in previous studies, these shortcomings include the completeness and accuracy of the tool. This prototype is built using the MAX30100 sensor to monitor the pulse and oxygen levels in the blood of employees of PT PLN (Persero) UP2D KALTIMRA. An Internet of Things (IoT)-based system, where the patient's heart rate monitoring notification will be directly connected to the smartphone of the K.3/security officer of PT. PLN (Persero) UP2D Kaltimra. In this study, the results of testing tools were satisfactory. In testing the heart rate sensor (BPM) and oxygen levels (SpO2) in the blood, the average error rate was 0.85% and 0.58%, respectively.*

Intisari— Teknologi oximeter pintar terus mengalami perkembangan. Namun, masih banyak ditemukan kekurangan-kekurangan pada penelitian sebelumnya, kekurangan tersebut diantaranya kelengkapan dan keakuratan pada alatnya. Alat ini dibangun menggunakan sensor MAX30100 untuk memantau denyut dan kadar oksigen dalam darah karyawan PT PLN (Persero) UP2D KALTIMRA. Sistem yang berbasis Internet of Things (IoT), dimana notifikasi pemantauan detak jantung pasien akan langsung terhubung ke smartphone pegawai K.3/security PT. PLN (Persero) UP2D Kaltimra. Pada penelitian ini didapatkan hasil pengujian alat yang memuaskan. Dalam pengujian sensor detak jantung (BPM) dan kadar oksigen (SpO2) dalam darah, didapatkan rata-rata tingkat kesalahan masing-masing sebesar 0,85 % dan 0,58%.

Kata Kunci— Oximeter pintar, Internet of Things, Kesehatan, MAX30100.

I. PENDAHULUAN

Salah satu penyakit yang berhubungan dengan kesehatan jantung adalah Aritmia. Aritmia adalah gangguan yang terjadi pada irama jantung [1], [2]. Penderita aritmia bisa merasakan irama jantungnya terlalu cepat, terlalu lambat, atau tidak teratur. Aritmia bisa terjadi pada kondisi jantung yang sehat, namun bila terjadi terus menerus atau berulang, aritmia bisa menandakan adanya masalah pada organ jantung. Aritmia terjadi ketika impuls listrik yang berfungsi mengatur detak jantung tidak bekerja dengan baik. Kondisi tersebut dapat disebabkan oleh sejumlah kondisi seperti hipertensi, diabetes, kelainan katup jantung, gangguan elektrolit, serta dipicu oleh gaya hidup yang tidak sehat seperti kurang tidur, merokok, mengkonsumsi NAPZA, dan mengkonsumsi minuman beralkohol [3]. Aritmia bisa terjadi tanpa menimbulkan gejala, sehingga kadang tidak disadari oleh penderitanya. Gejala

aritmia yang dapat muncul antara lain jantung berdetak lebih cepat dari normal (takikardia), jantung berdetak lebih lambat dari normal (bradikardia), sesak nafas, nyeri dada, dan cepat lelah [4], [5].

Apabila penderita Aritmia tidak segera ditangani, maka dikhawatirkan akan terjadi Hipoksemia. Hipoksemia adalah kondisi dimana kadar oksigen dalam darah (SpO2) rendah. Padahal, oksigen sangat diperlukan untuk menjaga organ dan jaringan tubuh tetap berfungsi dengan baik [6]. Gejala Hipoksemia dapat berbeda dari satu orang ke orang lain, tergantung pada tingkat keparahan kondisinya. Meski begitu, gejala yang paling umum terjadi adalah sesak nafas, jantung berdetak cepat, batuk-batuk, penurunan kesadaran (koma), sakit kepala, dan linglung [7]. Berdasarkan hal di atas, telah banyak peneliti yang mengembangkan alat oksimetri nadi dengan konsep Internet of Things (IoT) maupun non-IoT. Namun, masih banyak ditemukan kekurangan pada penelitian-penelitian sebelumnya. Beberapa kekurangan tersebut disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya alat yang hanya mengukur SpO2 tanpa mengukur heart rate yang dilakukan oleh Pratama [8]. alat tidak bekerja real-time disebabkan oleh pemilihan platform IoT yang kurang tepat dilakukan oleh Laili dkk [9]. sistem pembacaan denyut nadi dan kadar oksigen dalam darah yang tidak tervalidasi dengan kalibrator pada penelitian Utomo dkk [10]. penggunaan modul komunikasi data yang terbatas jangkauannya seperti bluetooth pada penelitian Nugroho [11]. serta alat yang kurang portabel (harus menggunakan catu daya listrik PLN) pada penelitian Soesilo [12].

Pada penelitian ini akan dibangun alat bantu kesehatan dengan menambahkan kebaruan berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya. Alat yang dibangun memiliki fungsi utama untuk memantau denyut nadi dan kadar oksigen dalam darah berbasis internet of things. Sistem ini dilengkapi fitur untuk memberikan informasi kesehatan karyawan kepada Pegawai K.3/Security PT PLN (Persero) UP2D Kaltimra dan memberikan notifikasi mengenai keadaan pasien secara up to date. Sistem ini dibangun menggunakan modul sensor MAX30100 untuk memantau denyut nadi dan kadar oksigen dalam darah pasien. Sistem yang dibangun berbasiskan Internet of Things (IoT), dimana notifikasi keadaan kesehatan karyawan dan pemantauan detak jantung serta kadar oksigen dalam darah karyawan PT PLN (Persero) UP2D Kaltimra akan langsung terhubung ke smartphone Pegawai K.3/Security PT PLN (Persero) UP2D Kaltimra. Selain itu, terpasang juga buzzer dan LCD sebagai notifikasi untuk Pegawai K.3/Security PT PLN (Persero) UP2D Kaltimra yang berjaga apabila detak jantung dan kadar SpO2 karyawan tidak normal (abnormal). Pengembangan alat bantu kesehatan ini didasarkan

pada perkembangan teknologi yang semakin maju, oleh karena itu alat yang dibangun dibuat portabel agar mudah digunakan dan tidak mengganggu aktivitas karyawan PT PLN (Persero) UP2D Kaltimra.

II. LANDASAN TEORI

Penelitian akan dimulai dengan proses perancangan Prototipe Sistem Pemantauan Gejala Aritmia dan Hipoksemia Berbasis IOT . Secara keseluruhan sistem terdiri dari input, proses dan output, untuk inputnya adalah sensor MAX30100, Proses nya menggunakan Mikro-kontroler Arduino, dan outputnya adalah OLED, Buzzer dan Data yang terkirim ke HP, dalam penelitian ini menggunakan 5 (lima) rujukan yang memiliki tema serupa sebagai bahan perbandingan dengan penelitian yang dilakukan diantaranya oleh khairunisa dkk (2018), Pratama (2019), Nugroho (2019), Laili dkk (2020), Soesilo (2020).

A. Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep atau skenario dimana suatu objek memiliki kemampuan untuk mengirim data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer [13]. Sederhananya, Internet of Things dapat diartikan sebagai terhubungnya berbagai benda di sekitar dengan sebuah jaringan internet [14], [15]. Penggunaan IoT banyak ditemui dalam berbagai aktifitas, contohnya pada transportasi online, e-commerce, pemesanan tiket secara online, live streaming, e-learning dan lain-lain. Bahkan alat-alat di bidang tertentu seperti remote temperature sensor, GPS tracking, dan dalam bidang pendidikan IoT sangat diperlukan untuk melakukan segala aktifitas dengan menggunakan sistem pengarsipan yang tepat. Oleh karena itu, IoT membuat segala sesuatunya lebih mudah [16].

B. Pengukuran Detak Jantung

Pengukuran denyut jantung selama aktivitas merupakan metode untuk menilai cardiac strain. Alat yang biasa digunakan untuk menghitung denyut jantung adalah Electro Cardio Graph (ECG). Pengukuran denyut jantung dapat juga menggunakan stetoskop maupun dilakukan secara manual menggunakan stopwatch pada lokasi tubuh yang dilewati oleh arteri radialis pada pergelangan tangan, arteri brachialis pada lengan atas, arteri karotis pada leher, arteri poplitea pada belakang lutut, arteri dorsalis pedis atau arteri tibialis posterior pada kaki [17].

Tabel 1. Denyut Jantung Untuk Berbagai Usia.

NO.	RENTANG USIA	JUMLAH DENYUT NADI
1.	Bayi baru lahir	140 kali per menit
2.	Di bawah umur 1 bulan	110 kali per menit
3.	Umur 1 – 6 bulan	130 kali per menit
4.	Umur 6 – 12 bulan	115 kali per menit
5.	Umur 1 – 2 tahun	110 kali per menit
6.	Umur 2 – 6 tahun	105 kali per menit
7.	Umur 6 – 10 tahun	95 kali per menit
8.	Umur 10 – 14 tahun	85 kali per menit
9.	Umur 14 – 18 tahun	82 kali per menit
10.	Di atas umur 18 tahun	60 – 100 kali per menit
11.	Usia lanjut	60 – 70 kali per menit

Sumber: Nugraha [18], 2014

Denyut jantung yang normal yakni 60-100 kali setiap menit, sedangkan denyut jantung lambat kurang dari 60 kali per menit dan yang cepat lebih dari 100 kali per menit. Nadi adalah denyut nadi yang teraba pada dinding pembuluh darah arteri yang berdasarkan systol dan gystole dari jantung [19]. Jumlah denyut nadi yang normal berdasarkan usia seseorang disajikan dalam **Error! Reference source not found.**

C. NodeMCU

NodeMCU merupakan sebuah papan pengembangan (development board) mikrokontroler buatan Espressif Systems yang berbasis chip mikroprosesor ESP12E [20]. Disebut sebagai papan pengembangan karena divais ini dapat dipakai sebagai pusat kendali, dimana dapat mengendalikan divais-divais lain yang terintegrasi dengannya. NodeMCU dapat berfungsi sebagai sistem mandiri lengkap atau sebagai perangkat pendukung ke MCU host dengan mengurangi overhead tumpukan komunikasi pada prosesor aplikasi utama. NodeMCU dapat berinteraksi dengan sistem lain untuk menyediakan fungsionalitas Wi-Fi dan Bluetooth melalui antarmuka SPI / SDIO atau I2C / UART [21]. Divais ini menggunakan konektor mikro USB standard yang menjadi ciri khas.

D. Sensor Oksimetri (MAX30100)

MAX30100 adalah sensor terintegrasi untuk memantau oksimetri nadi dan detak jantung. Sensor ini menggabungkan dua LED, sebuah photodetector, optik yang dioptimalkan, dan pemrosesan sinyal analog kebisingan rendah untuk mendeteksi oksimetri pulsa dan sinyal detak jantung. MAX30100 beroperasi dari catu daya 1,8V dan 3,3V, dapat dimatikan melalui perangkat lunak dengan arus siaga yang dapat diabaikan, serta memungkinkan catu daya untuk tetap terhubung setiap saat [22]. Sensor MAX30100 ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Sensor MAX30100 [maximintegrated.com]

E. Platform Internet of Things (Blynk)

Blynk menyediakan fasilitas mulai dari pendaftaran pengguna lintas platform hingga penyediaan perangkat, analisis data sensor, dan pembelajaran mesin. Blynk adalah platform untuk IOS atau Android yang digunakan untuk mengendalikan module Arduino, Raspberry Pi, WeMos, dan module sejenisnya melalui internet. Aplikasi blynk ini ialah merupakan suatu wadah kreatifitas untuk membuat antarmuka grafis untuk proyek yang akan diimplementasikan dengan metode drag and drop widget. Dari platform aplikasi inilah

dapat mengendalikan apapun dari jarak jauh, dimanapun kita berada dan waktu kapanpun. Dengan catatan perangkat yang digunakan harus terhubung dengan internet dengan koneksi yang stabil dan inilah yang dinamakan dengan sistem *Internet of Things (IOT)*. Platform Blynk ditunjukkan pada Gambar



Gambar 2 Platform IoT Blynk [blynk.cc]

F. Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada umumnya, Buzzer sering digunakan pada rangkaian Bel Rumah, Alarm pada Jam Tangan, Alarm pada Mobil saat mundur dan perangkat peringatan bahaya lainnya. Versi Buzzer yang sering digunakan adalah Buzzer yang mempunyai jenis Piezoelectric, hal ini dikarenakan Buzzer Piezoelectric memiliki berbagai kelebihan antara lain lebih murah, relatif lebih ringan dan lebih mudah dalam menggabungkannya ke Rangkaian Elektronika lainnya. Buzzer ini sering disebut dengan Beeper.

G. Baterai Li-Po

Pada penelitian ini baterai Li-po digunakan untuk menyuplai energi sistem secara keseluruhan. Fisik baterai yang tipis diharapkan mampu diintegrasikan ke dalam box beserta dengan komponen elektronika lainnya. Tegangan yang dihasilkan baterai ini adalah 3,7 sehingga mampu memenuhi kebutuhan energi ESP32 dan sensor MAX30100.

H. OLED 9.6 Inchi

OLED yang digunakan pada penelitian ini memiliki resolusi 128x64 piksel berwarna putih. Masing-masing piksel dapat dikendalikan menggunakan sebuah chip. Karena layar dapat membuat cahayanya sendiri, maka tidak diperlukan lampu latar. Hal ini mengurangi konsumsi daya baterai saat menjalankan OLED. Modul OLED ini menggunakan antarmuka I2C dengan catu daya 3,3 V sampai 5 V. Untuk menggunakan OLED ini, tersedia pustaka yang dikeluarkan

oleh Adafruit. Hal ini memudahkan pengguna di dalam membuat program. Tampilan nilai *heart rate* dan SpO2 akan ditampilkan pada layar ini disertai dengan kondisi pasien (normal atau abnormal).

III. METODE PENELITIAN

A. Desain sistem

Desian sistem dilakukan setelah mempelajari beberapa literasi yang terkait dengan penelitian. Gambaran umum desain

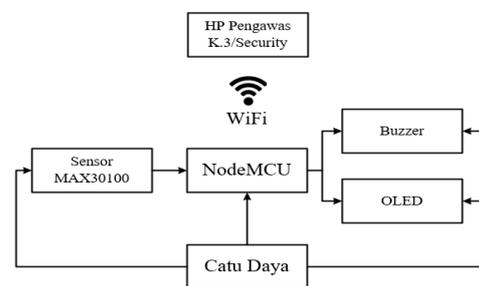
sistem yang dibuat ditampilkan pada 4. Alat yang dibuat menggunakan bahan dasar akrilik warna hitam setebal 3mm. Bagian terluar akan terlihat LCD, sensor oksimeter, tombol



power, dan *port charger*.

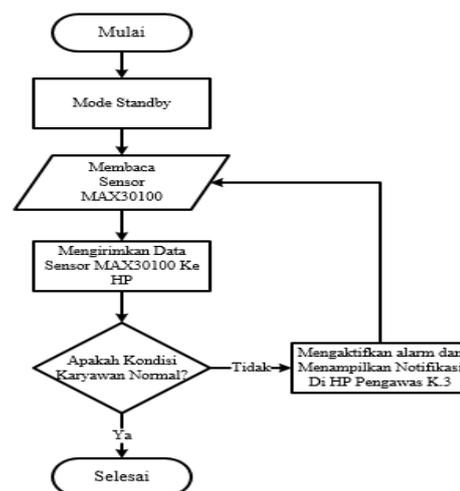
Gambar 3. Desain system

Untuk mengetahui bagian-bagian sistem elektronik dan memudahkan dalam pengecekan rangkaian elektronik jika suatu saat terjadi kerusakan, maka dibuatkan diagram blok rangkaian sesuai Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Diagram blok system

Untuk memastikan alat bekerja sesuai dengan fungsinya, maka dibuat diagram alir sistem seperti Gambar 5. Diagram alir sistem merupakan sebuah diagram dengan simbol-simbol grafis yang menyatakan aliran algoritma atau proses. Diagram alir dapat memberi solusi dalam penyelesaian masalah yang ada di dalam proses atau algoritma tersebut.



Gambar 5. Diagram alir system

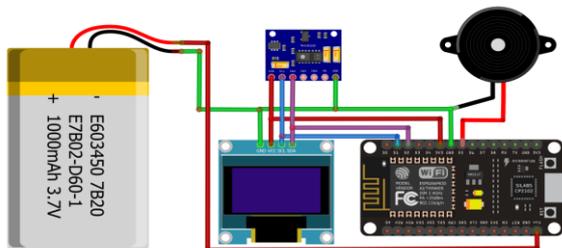
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Skematik Rangkaian

Di dalam menyusun skematik rangkaian elektronik seperti pada Gambar 6, menggunakan perangkat lunak Fritzing. Komponen pada simulasi elektronik yang digunakan spesifikasinya sesuai dengan aslinya, yaitu NodeMcu, sensor MAX30100, OLED display, dan baterai. NodeMcu berfungsi sebagai unit pengolah data dan pengendali elektronik. Modul sensor MAX30100 digunakan untuk mengukur denyut nadi dan kadar oksigen dalam darah terpasang di pin D1 dan D2 (protokol komunikasi I2C). Selanjutnya, informasi yang diperoleh melalui proses akuisisi data tersebut kemudian diolah, hasilnya ditampilkan di LCD dan dikirimkan ke aplikasi Blynk melalui media internet. Sedangkan buzzer masing-masing terpasang di pin digital D5. Pengkabelan pin antar komponen ditunjukkan pada Tabel 22 berikut.

Tabel 2. Pengkabelan Pin Antar Komponen

NodeMcu	MAX30100	OLED	Buzzer	Baterai
VIN	-	-	-	Positive Pin
3v3	VIN	VCC	-	-
GND	GND	GND	Negative Pin	Negative Pin
D1	SCL	SCL	-	-
D2	SDA	SDA	-	-
D5	-	-	Positive Pin	-



Gambar 6. Skematik Rangkaian

B. Desain PCB

Printed Circuit Board (PCB) yang dibuat menggunakan perangkat lunak Diptrace. Pada perangkat lunak tersebut terdapat fitur-fitur yang memudahkan pengguna dalam mendesain jalur PCB seperti membuat jalur secara otomatis, cek kesalahan jalur, dan menampilkan rancangan PCB dalam bentuk 3D. Untuk mempersingkat waktu, PCB yang sudah di desain kemudian dikirimkan ke jasa percetakan PCB untuk dibuatkan PCBnya agar hasilnya rapi.

C. Desain Box

Box yang dibuat menggunakan bahan akrilik warna hitam dengan ketebalan 3mm. Box di desain menggunakan aplikasi corel draw, kemudian dicetak menggunakan media laser cutting. Dimensi box yaitu panjang 10 cm, lebar 8 cm, dan tinggi 4,5 cm.

D. Tampilan Aplikasi Blynk

Antarmuka pengguna dibuat menggunakan platform Blynk. Selain sederhana, platform ini dipilih karena memiliki fitur yang lengkap. Aplikasi ini nantinya akan dipasang di HP Pengawas K.3/Security. Beberapa fitur yang digunakan antarlain Gauge dan Labeled Value untuk menampilkan nilai detak jantung (BPM) dan kadar oksigen dalam darah (SpO2), LED untuk menampilkan status normal atau abnormalnya nilai BPM dan SpO2, Chart untuk menampilkan grafik dan menyimpan data nilai BPM serta SpO2, Eventor untuk menampilkan rutinitas kondisi alat, dan Notification untuk membuat pesan/peringatan ketika terdapat nilai abnormal pada pengukuran BPM dan SpO2. Antarmuka pengguna yang dibangun dapat berkomunikasi dengan alat menggunakan media WiFi (personal hotspot) pada HP. Hasil pengujian alat otomatis tersimpan melalui widget chart dimana berkasnya dapat diekspor menggunakan format .csv. Gambar . di bawah ini menunjukkan aplikasi yang dibuat.



Gambar 7. Antarmuka Pengguna

E. Pengujian alat

Dalam proses pengujian alat, terdapat 10 relawan yang terdiri dari 7 laki-laki dan 3 perempuan yang berasal dari kalangan rekan kerja PT. PLN (Persero) UP2D KALTIMRA. Saat dilakukan pengujian alat, relawan tersebut berada dalam berbagai macam kondisi kesehatan, ada yang sehat, flu, maupun haid (pada relawan perempuan). Berdasarkan dengan surat perjanjian yang sudah ditandatangani oleh relawan dan peneliti, data identitas relawan dirahasiakan karena terkait privasi.

Cara pengujian alat yaitu dengan meletakkan jari ke alat yang dibuat dibarengi dengan memasang oksimeter pabrikan ke jari yang lain. Posisi relawan pada saat dilakukannya pengujian yaitu dalam posisi duduk. Posisi tangan berada di atas meja, sehingga pengambilan data dilakukan saat tubuh dalam posisi yang rileks. Pengambilan data alat yang berupa denyut nadi dan kadar SpO2 dilakukan dalam rentang waktu satu menit atau sampai pembacaan sensor pada alat stabil.

Mengingat kondisi pandemi Covid-19 yang ada di Indonesia, maka pada saat pengambilan data diterapkan protokol kesehatan pada relawan maupun peneliti yang bertugas mengambil data. Pergantian pengujian alat dari relawan pertama ke relawan kedua, dilakukan pembersihan alat menggunakan cairan disinfektan untuk mencegah penumpukan atau penularan kuman.

Hasil pengujian alat dari 10 relawan dengan prosedur yang sudah dijelaskan sebelumnya tersaji pada Tabel di bawah ini. Dalam penelitian ini menggunakan beberapa istilah diantaranya SO (*Smart Oximeter*) atau alat yang dibuat, sedangkan OP (*Oximeter Pabrik*) sebagai pembanding (*validator*).

Tabel 3. Hasil Pengujian Alat

NO	RELA WAN	SO (BP M)	OP (BP M)	ERR OR (%)	RATA-RATA ERROR (%) DALAM 10 PERCOB AAN	SO (SPO 2)	OP (SPO 2)	ERR OR (%)	RATA-RATA ERROR (%) DALAM 10 PERCOB AAN	Kondisi Pasien
1	KE-1	82	83	1.20	0.83	96	97	1.03	0.52	Normal
2	KE-1	83	83	0.00		97	97	-		
3	KE-1	84	85	1.18		97	96	1.04		
4	KE-1	86	85	1.18		96	95	1.05		
5	KE-1	85	85	0.00		97	97	-		
6	KE-1	85	86	1.16		97	97	-		
7	KE-1	84	83	1.20		96	97	1.03		
8	KE-1	84	84	0.00		96	96	-		
9	KE-1	85	84	1.19		96	95	1.05		
10	KE-1	83	82	1.22		97	97	-		
11	KE-2	87	86	1.16	97	98	1.02	0.81	Normal	
12	KE-2	86	86	0.00	98	97	1.03			
13	KE-2	87	86	1.16	97	97	-			
14	KE-2	85	86	1.16	98	98	-			
15	KE-2	87	85	2.35	97	96	1.04			
16	KE-2	86	86	0.00	97	97	-			
17	KE-2	87	88	1.14	97	98	1.02			
18	KE-2	87	87	0.00	97	96	1.04			
19	KE-2	86	87	1.15	98	98	-			
20	KE-2	85	85	0.00	98	97	1.03			
21	KE-3	85	86	1.16	97	97	-	0.70	Normal	
22	KE-3	85	85	0.00	96	97	1.03			
23	KE-3	86	85	1.18	97	98	1.02			
24	KE-3	86	87	1.15	98	97	1.03	0.70	Normal	
25	KE-3	85	84	1.19	97	97	-			
26	KE-3	84	84	0.00	96	96	-			
27	KE-3	85	85	0.00	98	97	1.03			
28	KE-3	86	86	0.00	97	97	-			
29	KE-3	86	87	1.15	96	97	1.03			
30	KE-3	84	85	1.18	98	97	1.03			
31	KE-4	85	86	1.16	97	96	1.04			
32	KE-4	86	87	1.15	96	97	1.03			
33	KE-4	85	84	1.19	96	96	-			
34	KE-4	86	85	1.18	97	98	1.02			
35	KE-4	86	86	0.00	98	98	-			
36	KE-4	85	85	0.00	96	97	1.03			
37	KE-4	86	86	0.00	95	96	1.04			
38	KE-4	87	86	1.16	97	97	-			
39	KE-4	87	87	0.00	98	97	1.03			
40	KE-4	85	84	1.19	97	97	-			
41	KE-5	86	87	1.15	96	97	1.03	0.80	Normal	
42	KE-5	87	87	0.00	97	97	-			
43	KE-5	86	87	1.15	97	96	1.04			
44	KE-5	86	86	0.00	96	97	1.03			
45	KE-5	87	87	0.00	97	97	-			
46	KE-5	87	88	1.14	97	97	-			
47	KE-5	86	87	1.15	97	98	1.02			
48	KE-5	87	87	0.00	97	98	1.02			
49	KE-5	86	88	2.27	98	97	1.03			
50	KE-5	87	86	1.16	97	97	-			
51	KE-6	88	85	3.53	98	97	1.03	0.81	Normal	
52	KE-6	87	87	0.00	97	97	-			
53	KE-6	86	87	1.15	98	97	1.03			
54	KE-6	89	88	1.14	97	98	1.02			
55	KE-6	88	88	0.00	97	97	-			
56	KE-6	88	87	1.15	98	98	-			
57	KE-6	86	86	0.00	98	97	1.03			
58	KE-6	86	86	0.00	97	96	1.04			
59	KE-6	86	86	0.00	98	97	1.03			
60	KE-6	85	86	1.16	98	97	1.03			
61	KE-7	84	83	1.20	95	95	-	0.83	Normal	
62	KE-7	83	83	0.00	96	95	1.05			
63	KE-7	84	84	0.00	97	97	-			
64	KE-7	85	84	1.19	97	96	1.04			

65	KE-7	84	85	1.18	1.07	96	95	1.05	0.41	Normal
66	KE-7	85	86	1.16		96	97	1.03		
67	KE-7	86	85	1.18		97	96	1.04		
68	KE-7	86	86	0.00		96	96	-		
69	KE-7	85	84	1.19		97	97	-		
70	KE-7	84	85	1.18		95	97	2.06		
71	KE-8	83	84	1.19		98	98	-		
72	KE-8	84	84	0.00		97	98	1.02		
73	KE-8	83	83	0.00		98	98	-		
74	KE-8	84	84	0.00		97	97	-		
75	KE-8	85	83	2.41	98	98	-			
76	KE-8	84	84	0.00	97	97	-			
77	KE-8	84	85	1.18	97	96	1.04			
78	KE-8	83	85	2.35	98	98	-			
79	KE-8	84	85	1.18	97	98	1.02			
80	KE-8	85	83	2.41	98	97	1.03			
81	KE-9	88	89	1.12	97	97	-	1.00	Normal	
82	KE-9	90	91	1.10	96	97	1.03			
83	KE-9	92	90	2.22	97	97	-			
84	KE-9	91	92	1.09	96	97	1.03			
85	KE-9	90	90	0.00	96	97	1.03			
86	KE-9	90	89	1.12	97	97	-			
87	KE-9	89	90	1.11	97	97	-			
88	KE-9	92	91	1.10	96	97	1.03			
89	KE-9	92	92	0.00	97	97	-			
90	KE-9	89	88	1.14	97	96	1.04			
91	KE-10	93	95	2.11	0.95	96	97	1.03	0.41	Normal
92	KE-10	94	95	1.05		97	97	-		
93	KE-10	94	94	0.00		96	96	-		
94	KE-10	94	94	0.00		97	97	-		
95	KE-10	93	92	1.09		97	98	1.02		
96	KE-10	93	93	0.00		98	97	1.03		
97	KE-10	92	91	1.10		97	97	-		
98	KE-10	95	97	2.06		98	98	-		
99	KE-10	96	95	1.05		98	97	1.03		
100	KE-10	95	94	1.06		98	98	-		
RATA-RATA ERROR (%) KESELURUHAN						0.85			0.58	

Rumus perhitungan Error pembacaan BPM dan SpO2:

$$\% \text{ error} = \left| \frac{OP - SO}{OP} \right| \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

$$\% \text{ Rata2 error dalam 10 Percobaan} = \left| \frac{\text{Perjumlahan \% error (1-10)}}{10} \right| \dots\dots\dots (2)$$

$$\% \text{ Rata2 error keseluruhan} = \left| \frac{\text{Perjumlahan Rata2 error dalam 10 percobaan}}{10} \right| \dots\dots\dots (3)$$



Gambar 8. Pengujian Alat pada Relawan

Berdasarkan hasil pengujian alat, dapat diketahui bahwa alat *Smart Oximeter* yang dibangun menunjukkan keakuratan pengukuran yang baik, hal ini berdasarkan dengan nilai rata-rata error yang kecil, yaitu di bawah 1%. Berdasarkan hasil

pengukuran denyut nadi dan kadar oksigen dalam darah relawan menggunakan *smart oximeter*, 10 relawan berada dalam kondisi kesehatan yang normal. Tidak ada indikasi penyakit aritmia maupun hipoksemia. Dengan hal ini maka tujuan penelitian tercapai karena mendapatkan tingkat kesalahan di bawah 1%.

V. KESIMPULAN

Setelah melalui tahap perancangan, pengujian, dan pemaparan hasil pengujian smart oximeter secara keseluruhan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan Prototipe alat bantu kesehatan dengan konsep *Internet of Things* menggunakan kendali utama NodeMcu, dilengkapi sensor detak jantung dan pengukur kadar SpO₂ untuk karyawan PT. PLN (Persero) UP2D KALTIMRA dapat bekerja sesuai harapan.
2. Berdasarkan pengukuran alat pada 10 relawan, hasilnya adalah normal dan tidak ditemukan gejala atau tanda-tanda aritmia ataupun hipoksemia.
3. Hasil pengujian alat menunjukkan nilai kesalahan yang kecil dalam pembacaan BPM dan SpO₂, yaitu dibawah 1% dengan rincian rata-rata Error BPM dan SpO₂ yaitu 0,85% dan 0,58%. Akurasi alat yang tinggi dalam pembacaan detak jantung dan kadar oksigen dalam darah ini layak digunakan sebagai alat penunjang fasilitas kesehatan di lingkungan PT. PLN (Persero) UP2D KALTIMRA.

REFERENSI

- [1] Heartfoundation, "What is arrhythmia?," 2021. <https://www.heartfoundation.org.au/conditions/heart-arrhythmia> (accessed Apr. 14, 2021).
- [2] Y. Yuniadi, "Mengatasi Aritmia, Mencegah Kematian Mendadak," *eJournal Kedokt. Indones.*, vol. 5, no. 3, pp. 139–146, 2017.
- [3] H. Sardjito, "Jangan Anggap Remeh Gangguan Irama Jantung," 2019. <https://sardjito.co.id/2019/08/28/jangan-anggap-remeh-gangguan-irama-jantung/> (accessed Apr. 14, 2021).
- [4] C. Kalangi, E. Jim, and V. Joseph, "Gambaran Aritmia pada Pasien Penyakit Jantung Koroner di RSUP Prof. Dr. R. D. Kandou Manado," *J. e-Clinic*, vol. 4, no. 2, 2016.
- [5] W. Bazudewa, I. Satwika, and I. Juliharta, "Klasifikasi Aritmia dengan Heart Rate Variability Analisis Menggunakan Metode Backpropagation," *J. Inform. Rekayasa Elektron.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [6] C. Dewi, R. Yaswir, and Desywar, "Korelasi Tekanan Parsial Oksigen Dengan Jumlah Eritrosit Berinti Pada Neonatus Hipoksemia," *J. Kesehat. Andalas*, vol. 8, no. 1, pp. 76–80, 2019.
- [7] K. Adrian, "Hipoksemia, Ketika Darah Kekurangan Oksigen," 2019. <https://www.alodokter.com/penyebab-hipoksemia-dan-cara-mengukurnya> (accessed Apr. 14, 2017).
- [8] A. Pratama, "Monitoring Kadar Oksigen dalam Tubuh Manusia Menggunakan Sensor SpO₂," Institut Bisnis dan Informatika STIKOM Surabaya, 2019.
- [9] B. Laili, B. Destyningtias, and S. Heranurweni, "Rancang Bangun Pulse Oximetry dengan Sistem Monitoring Internet of Thing (IoT)," *J. Mhs. USM*, pp. 1–9, 2020.
- [10] A. Utomo, E. Negoro, and M. Sofie, "Monitoring Heart Rate dan Saturasi Oksigen Melalui Smartphone," *J. SIMETRIS*, vol. 10, no. 1, pp. 319–324, 2019.
- [11] C. Nugroho, "Alat Pengukur Saturasi Oksigen dalam Darah Menggunakan Metode PPG Reflectance pada Sensor MAX30100," UIN Syarif Hidayatullah, 2019.
- [12] R. Soesilo, "Medical Patient Emergency Call Technology (MPECT) Berbasis Internet Of Things Pada Rumah Sakit," Universitas Teknologi Yogyakarta, 2020.
- [13] A. D. Limantara, S. Winardi, and S. W. Mudjanarko, "Pemanfaatan Internet of Things (IoT) Sebagai Solusi Manajemen Transportasi Kendaraan Sepeda Motor," in *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi dan Prasarana Wilayah X*, 2017, pp. 151–164.
- [14] C. Hasiholan, R. Primananda, and K. Amron, "Implementasi Konsep Internet of Things pada Sistem Monitoring Banjir Menggunakan Protokol MQTT," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 12, p. 6128, 2018.
- [15] A. Kurniawan, M. Kasrani, and A. B., "Perancangan Prototype Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Berbasis Arduino Uno R3 Dengan Modul Sim800l dan Esp8266 Sebagai Media Informasi," *J. Tek. Elektro UNIBA*, vol. 4, no. 2, pp. 2549–0842, 2020.
- [16] O. K. Sulaiman and A. Widarma, "Sistem Internet of Things (IoT) Berbasis Cloud Computing dalam Campus Area Network," in *Seminar Nasional Fakultas Teknik UISU*, 2017, pp. 9–12.
- [17] G. Ninggar, "Pengukuran Cardiovascular Load dalam Penentuan Keseimbangan Beban Kerja Fisik," Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [18] I. Nugraha, "Aplikasi Pendeteksi Detak Jantung Menggunakan Metode Photoplethysmograph dan Moving Average Filter Berbasis Android," UNIKOM, 2014.
- [19] E. Nawawinetu and I. Lutfiya, "Faktor yang Berhubungan dengan Kemampuan Melakukan Tes Kesegaran Jasmani Menggunakan QCST," *J. Vocat. Heal. Stud.*, vol. 3, pp. 97–102, 2020.
- [20] A. Rahman, M. Kasrani, and K. Munthe, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Peringatan Dini Banjir Menggunakan Nodemcu Esp8266 Berbasis Web (Internet)," *J. Tek. Elektro UNIBA*, vol. 5, no. 1, pp. 2528–6498, 2020.
- [21] Espressif, "ESP32," 2021. <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32> (accessed Apr. 17, 2021).
- [22] Maxim, "Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC for Wearable Health," California, 2014.