

Pengembangan *Wearable Device* untuk *Monitoring* dan *Tracking* Pasien Isoman Covid-19 Berbasis *Mobile*

Dina Angela, Hans Melkisedek Simanjuntak, dan Hanif Fakhurroja

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Harapan Bangsa

Jln. Dipati Ukur No. 80-84, Kota Bandung, 40132, Indonesia

e-mail: dina_angela@ithb.ac.id

ABSTRACT

Reducing the spread of the Covid-19 virus and handling every patient affected by Covid-19 are the main targets of the Indonesian government in dealing with the current pandemic. It takes cooperation between individuals. For example, between health workers and patients who are undergoing independent isolation (isoman) due to being infected with Covid-19. Body temperature, heart rate, blood oxygen levels, and patient movement are the main parameters of a Covid-19 patient that must be routinely checked and monitored by health workers. Patients in self-isolation also need to monitor their health conditions while undergoing isolation. Besides being routine, examination and monitoring of the condition of isoman patients also need to be carried out continuously because the patient's condition can change at any time. In this study, a mobile-based wireless Covid-19 patient condition monitoring system was developed so that monitoring can be carried out remotely. This system uses MCP9808 as body temperature, MAX30100 as a sensor for heart rate and blood oxygen levels, and GPS as a sensor for patient movement in isolation locations. The data obtained from each of these sensors will be sent wirelessly to the cloud database using the NodeMCU ESP8266. The data received in the cloud database is displayed in real-time on a mobile-based dashboard and analyzed to obtain information on the progress of the patient's condition. This system is to assist health workers in monitoring the condition of Covid-19 patients remotely and help self-isolated patients to monitor their health without always having direct contact with health workers. Health workers are facilitated to find out the tendency of the patient's condition so that they can make the right decisions and actions.

Keywords: *body temperature sensor, heart rate sensor, blood oxygen levels, GPS, health workers, Covid-19 patients, patient monitoring, dashboard, wearable device, trend analysis*

ABSTRAK

Upaya penurunan menyebarnya virus Covid-19 serta penanganan setiap pasien yang terdampak Covid-19 menjadi target utama pemerintah Indonesia dalam menghadapi masa pandemi saat ini. Untuk itu, dibutuhkan kerjasama antar individu. Salah satunya adalah antara tenaga kesehatan dengan pasien yang sedang menjalani isolasi mandiri (isoman) akibat terinfeksi Covid-19. Suhu tubuh, detak jantung, kadar oksigen darah, serta pergerakan pasien adalah parameter utama dari seorang pasien Covid-19 yang harus

secara rutin diperiksa dan dipantau oleh tenaga kesehatan. Pasien isolasi mandiri juga perlu memantau kondisi kesehatannya sendiri selama menjalani isolasi. Selain harus rutin, pemeriksaan dan pemantauan kondisi pasien isoman juga perlu dilakukan secara terus-menerus karena kondisi pasien bisa sewaktu-waktu berubah. Pada penelitian ini dikembangkan sebuah sistem pemantauan kondisi pasien Covid-19 secara nirkabel berbasis mobile agar pemantauan dapat dilakukan secara remote. Sistem ini menggunakan MCP9808 sebagai suhu tubuh, MAX30100 sebagai sensor detak jantung dan kadar oksigen dalam darah, serta GPS sebagai sensor pergerakan pasien di lokasi isolasi. Data yang diperoleh dari setiap sensor tersebut nantinya akan dikirim secara nirkabel ke cloud database menggunakan NodeMCU ESP8266. Data-data yang diterima di cloud database tersebut kemudian ditampilkan secara real-time pada sebuah dashboard berbasis mobile dan dianalisis guna memperoleh informasi perkembangan kondisi pasien. Sistem ini dapat membantu tenaga kesehatan dalam memantau kondisi pasien Covid-19 secara remote dan membantu pasien isolasi mandiri untuk memantau kesehatan mereka sendiri tanpa harus selalu kontak langsung dengan tenaga kesehatan. Nakes pun dimudahkan untuk mengetahui kecenderungan kondisi pasien sehingga dapat mengambil keputusan dan tindakan yang tepat.

Kata kunci: *sensor suhu tubuh, sensor detak jantung, sensor kadar oksigen dalam darah, GPS, tenaga kesehatan, pasien isoman Covid-19, pemantauan pasien, dashboard, wearable device, analisis tren*

1. Pendahuluan

Banyaknya jumlah pasien Covid-19 yang harus menjalani perawatan di rumah sakit tidak sebanding dengan kapasitas penampungan pasien di rumah sakit. Hal ini mengakibatkan pemerintah mengeluarkan kebijakan bagi setiap pasien yang terdampak Covid-19 untuk menjalani isolasi mandiri di rumah masing-masing. Tenaga kesehatan yang bertanggung jawab atas pasien isolasi mandiri (isoman) Covid-19 memiliki kesulitan dalam memantau kondisi kesehatan pasien yang sedang menjalani masa isolasi di lokasi isoman [1].

Pemeriksaan dan pemantauan kondisi kesehatan pasien isoman Covid-19 harus dilakukan secara berkala untuk mengantisipasi berbagai kemungkinan. Pada umumnya pemeriksaan dan pemantauan pasien isoman oleh tenaga medis masih dilakukan secara manual, di mana dokter atau tenaga kesehatan (nakes) datang ke lokasi pasien isoman untuk bertemu langsung dengan pasien. Kondisi ini menyebabkan pemeriksaan menjadi kurang efektif karena perlu banyak waktu dan ada resiko lainnya, seperti resiko penularan. Pasien isoman yang harus diperiksa pun jumlahnya tidak hanya satu orang, sedangkan jumlah tenaga medis yang menangani pasien Covid-19 masih sangat terbatas [1].

Pasien yang diminta menjalani isolasi mandiri di rumah pun memiliki kendala dalam memantau kondisi kesehatannya sendiri [2]. Perangkat pemantau kondisi pasien Covid-19, seperti termometer badan dan oximeter, dapat dengan mudah diperoleh di pasaran, namun untuk mengetahui kecenderungan kondisi penyakitnya tidak mudah dilakukan. Kondisi penyakit seorang pasien Covid-19 dapat berubah sewaktu-waktu [3]. Untuk mengetahui tren atau kecenderungan kondisi kesehatan diperlukan pencatatan. Pencatatan secara manual tentunya membutuhkan upaya lebih sehingga akan merepotkan pasien.

Perlu dilakukan sejumlah upaya untuk membantu pasien isoman dan nakes dalam menangani masalah-masalah dalam perawatan selama menjalani isolasi

mandiri. Dibutuhkan suatu sistem pemantauan kesehatan secara *remote* dan *real-time* sehingga tim medis dapat memantau kondisi kesehatan pasien setiap saat tanpa harus mendatangi pasien. Sistem tersebut juga perlu dilengkapi dengan *dashboard* berbasis aplikasi *mobile* yang akan memudahkan nakes dalam mengetahui informasi kondisi pasien tanpa perlu harus selalu mengakses komputer (*pc*).

Penelitian ini mengusulkan rancang bangun sistem purwarupa yang bersifat *wearable device* yang dapat memantau data-data vital pasien Covid-19 secara *real-time*. Data-data vital yang diukur yaitu suhu tubuh, detak jantung, dan kadar oksigen dalam darah. Sistem ini juga dilengkapi dengan *dashboard* berbasis aplikasi *mobile* yang dapat menampilkan kondisi pasien. Data-data yang diperoleh dari hasil pengukuran sensor dapat digunakan untuk mengestimasi kecenderungan kondisi pasien isoman.

Hasil akhir dari penelitian ini berupa purwarupa sistem berupa *wearable device* yang dilengkapi sensor suhu tubuh MCP9808 dan sensor *pulse oximeter fingertip* MAX30100 sebagai sensor detak jantung dan kadar oksigen dalam darah. Sistem ini dilengkapi dengan *microcontroller* NodeMCU ESP8266 sebagai unit pengolahan data dan sebagai media pengiriman data secara nirkabel. Data-data dari sensor yang dikumpulkan oleh *microcontroller* akan dikirimkan ke *cloud database* lalu ditampilkan pada *dashboard* berupa aplikasi *mobile* sehingga dapat digunakan secara praktis oleh nakes dan pasien. Analisis tren dilakukan terhadap data-data hasil pengukuran untuk memberikan informasi estimasi kecenderungan kondisi pasien sehingga pemangku kepentingan, dalam hal ini nakes, dapat mengambil keputusan dan tindakan yang lebih tepat.

Sistem *monitoring* ini diharapkan dapat mengurangi beban kerja nakes dan mengurangi angka kematian pasien positif Covid-19 akibat kurangnya pemantauan dan penanganan.

2. Kajian Pustaka

Beberapa riset yang telah dikembangkan untuk mengatasi masalah yang telah dipaparkan di atas, salah satunya, adalah produk NoninConnect™ Model 3230 Bluetooth® Smart Pulse Oximeter [4]. Produk ini merupakan alat *monitoring* kondisi kesehatan pasien yang dapat dibawa ke mana pun dan di mana pun. Perangkat ini dilengkapi dengan fitur pengukuran denyut nadi, suhu tubuh, dan saturasi oksigen dalam darah. Untuk melakukan *monitoring*, alat tersebut dihubungkan dengan perangkat seluler melalui Bluetooth. Penggunaannya cukup mudah. Pengguna tinggal memasukkan salah satu jari ke dalam alat, maka hasilnya bisa dilihat langsung pada *display*-nya.

Riset lainnya yaitu sebuah sistem pemantauan detak jantung dan suhu tubuh pasien secara *wireless* di rumah sakit [5]. Sistem pemantauan ini memberikan informasi detak jantung pasien, suhu tubuh pasien, indikator kondisi detak jantung pasien, dan juga ada grafik perubahan detak jantung pasien. Sistem ini memanfaatkan Embarcadero RAD Studio 2010 sebagai media visualisasi hasil pemantauan detak jantung dan suhu pasien. Sensor detak jantung dan sensor suhu tubuh serta *microcontroller* Arduino Nano digunakan sebagai unit pengolah data. Hasil *monitoring* berupa nilai angka dari *pulse sensor*. Data suhu dari sensor LM35 akan diproses oleh *microcontroller*. Hasilnya akan dikirimkan ke *node server* menggunakan NRF24I01. *Node server* digunakan untuk menerima data kemudian meneruskannya ke aplikasi secara serial.

Ada riset lain yaitu sistem *Smart Health Monitoring System Based on IoT and Cloud Computing* [6]. Riset ini dilakukan oleh tim riset dari Universitas Menoufia Mesir dengan memanfaatkan Internet of Things (IoT) untuk memantau kondisi pasien di rumah sakit. Sistem yang dibangun terdiri dari 3 lapisan, yaitu: *patient layer*, *cloud layer*, dan *doctor/specialist layer*. *Patient layer* terdiri dari perangkat pengumpul data yang terdiri dari sensor-sensor, unit pengolah data, dan media

pengiriman data. Sensor-sensor dipasang di tubuh pasien yang terdiri atas sensor DS18B20 untuk mengukur suhu tubuh dan sensor MAX30100 untuk mengukur detak jantung dan kadar oksigen dalam tubuh. ESP8266 NodeMCU digunakan sebagai unit pengolah data dan media pengiriman data secara wireless. Data yang diterima dari sensor akan dienkripsi menggunakan *AES Algorithm*. Selanjutnya, data dikirim ke *cloud* melalui WiFi untuk disimpan dan diolah. Data dari *cloud* akan dikirim ke *hospital local server*, di mana data akan dideskripsi untuk dikirim ke *doctor terminal* dengan menampilkannya melalui *dashboard*.

3. Metode Penelitian

3.1 Analisis Kebutuhan Sistem

Pengembangan sistem akan dibagi menjadi dua bagian, yaitu kebutuhan fungsional dan kebutuhan nonfungsional. Kebutuhan fungsional merupakan semua fungsi atau layanan yang diberikan oleh sistem kepada pengguna.

Kebutuhan fungsional sistem ini adalah:

1. Pasien dapat melakukan pengecekan parameter kesehatan tanpa bantuan nakes.
2. Nakes dapat memantau parameter kesehatan pasien, seperti suhu tubuh, kadar oksigen dalam darah, dan detak jantung dari sensor yang dipasang di tubuh pasien sehingga perkembangan kondisi kesehatan pasien dapat diketahui.
3. Nakes dapat mengetahui posisi atau keberadaan pasien di lokasi isomannya.
4. Nakes dan pasien dapat melihat tren perkembangan kondisi kesehatan pasien melalui *dashboard*.

Kebutuhan nonfungsional merupakan spesifikasi yang dibutuhkan oleh sistem seperti berikut ini:

1. Sistem dapat mencatat riwayat perkembangan kesehatan pasien pada *dashboard*.

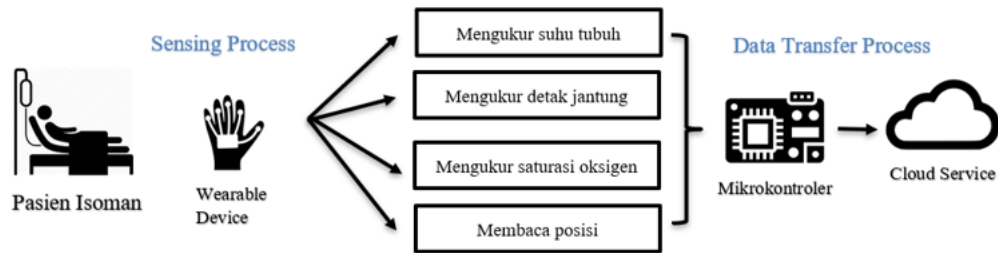
2. Sistem dapat mengirimkan informasi hasil pengukuran dari *wearable device* yang digunakan oleh pasien secara nirkabel ke *database*.
3. Sistem dapat mengklasifikasikan kategori level perkembangan kesehatan pasien isoman selama menjalani isolasi.

3.2 Sistem Yang Diusulkan

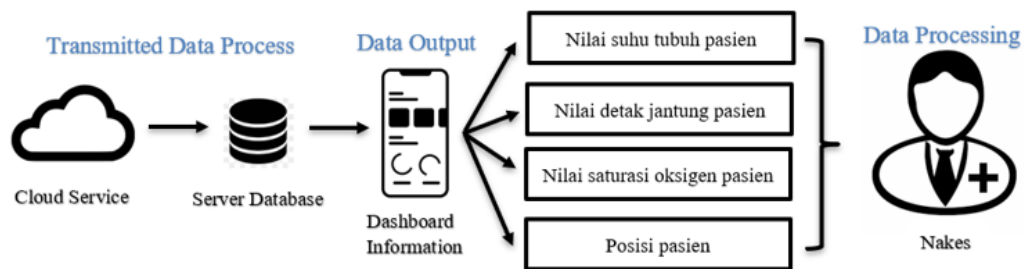
Sistem yang diusulkan dalam penelitian ini adalah sistem *monitoring* dan *tracking* pasien Covide-19 yang menjalani perawatan isolasi mandiri. Sistem ini akan dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu dari sisi pasien (Gambar 1) dan nakes (Gambar 2). Data yang dihasilkan dari sensor suhu tubuh, detak jantung, kadar oksigen darah, serta posisi pasien akan dikirim oleh Nodemcu ESP8266 ke *database cloud* secara nirkabel. Data tersebut kemudian ditampilkan dalam sebuah *dashboard* yang dapat diakses setiap saat oleh nakes dan pasien.

Sensor-sensor yang digunakan akan dikemas dalam sebuah sarung tangan untuk memudahkan pasien dalam penggunaannya. Data-data hasil pengukuran sensor juga dapat diolah untuk mendapatkan informasi estimasi kecenderungan (tren) kondisi pasien untuk membantu para pemangku kepentingan, yaitu nakes, mengambil keputusan dan tindakan yang sesuai.

Parameter kesehatan pasien yang diukur memiliki ketentuan batas normal, seperti suhu tubuh normal tubuh berkisar antara $36,1^{\circ}\text{C}$ sampai $37,2^{\circ}\text{C}$; kadar oksigen dalam darah lebih besar dari 90% (ibu hamil di atas 94%); dan untuk detak jantung 60-100 kali/menit [3].



Gambar 1 Arsitektur Sistem di Sisi Pasien

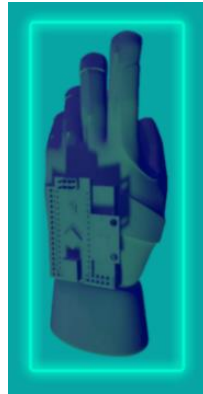


Gambar 2 Arsitektur Sistem di Sisi Nakes

3.3 Perancangan dan Implementasi Sistem

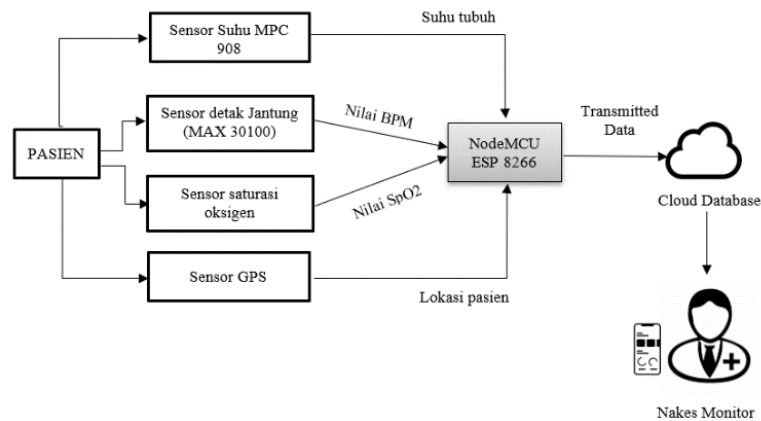
3.3.1 Perangkat Keras Sistem *Monitoring* Pasien Isoman

Perancangan perangkat dimulai dengan perancangan simulasi atau *mock up prototipe* perangkat. Perancangan dilakukan dengan konsep tiga dimensi (3D) menggunakan aplikasi simulasi 3D guna menampilkan model dan dimensi perangkat *wearable device* ini. Hasil perancangan dimensi dalam penelitian ini ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Hasil Desain 3D Prototipe Perangkat

Cara kerja sistem ditunjukkan oleh diagram pada Gambar 4. Diawali dengan sensor-sensor mendeteksi suhu tubuh, detak jantung, saturasi oksigen, dan posisi pasien isoman. Nantinya data-data dari parameter yang diukur tersebut dapat dilihat pada *dashboard* secara *real time*. Sensor MCP9808 menghasilkan keluaran data dalam derajat *Celsius*. Sensor MAX30100 untuk mengukur detak jantung menghasilkan keluaran data dalam bpm (*beat per minute*). Sensor MAX30100 yang sama digunakan juga untuk mengukur saturasi oksigen dalam darah. Keluarannya dalam persen (%). Sensor GPS akan menghasilkan data koordinat (*longitude* dan *latitude*) lokasi pasien.



Gambar 4 Blok Diagram Arsitektur Sistem

Pemilihan masing-masing komponen sensor ditentukan berdasarkan hasil analisis kebutuhan. Sensor yang layak dijadikan sebagai alat pembanding adalah alat-alat kesehatan nakes pada umumnya. Masing-masing sensor bekerja dengan toleransi akurasi pengukuran yang tidak melebihi ambang batas simpangannya.

Sensor MCP9808 adalah sensor berupa *microchip* yang memiliki akurasi sebesar $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$ dengan rentang suhu antara -40°C hingga 125°C dengan nilai presisi $0,0625^{\circ}\text{C}$. Sensor ini memerlukan kontak fisik dengan pengguna untuk merasakan sinyal listrik. Sensor ini diletakkan di bagian jari tengah sarung tangan.

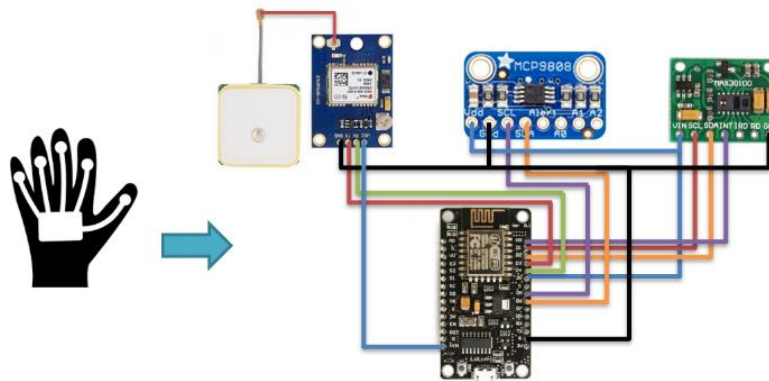
Sensor MAX30100 adalah sensor untuk mengukur kadar oksigen dalam darah (SpO₂) dan detak jantung secara bersamaan. Sensor ini adalah *pulse sensor* yang terintegrasi menggunakan serial komunikasi I2C dan bekerja secara *noninvasive*. Sensor MAX30100 terdiri dari 2 LED, yaitu LED merah dan LED inframerah serta sebuah fotodioda. Saat mengukur detak jantung, hanya LED merah yang akan aktif, sedangkan untuk mengukur kadar oksigen dalam darah, LED merah dan LED inframerah yang akan aktif. Darah yang mengandung lebih banyak oksigen akan menyerap lebih banyak cahaya inframerah, yaitu sebesar 900 nm, sedangkan darah yang tidak mengandung oksigen akan menyerap panjang gelombang yang dihasilkan oleh LED merah sebesar 650 nm [7]. Sensor MAX30100 menggunakan prinsip PPG (*photoplethysmography*), yaitu prinsip yang digunakan untuk mengetahui kondisi sistem kardiovaskular dengan mengukur perubahan volume darah pada jaringan kulit.

Sensor GPS-GYNEO06M berupa modul GPS GY-NEO6M yang berfungsi sebagai penerima sinyal GPS yang dapat mendeteksi lokasi dengan menangkap dan memproses sinyal dari satelit navigasi serta menentukan data *latitude* dan *longitude*. Sensor ini digunakan sebagai pemantau posisi pasien isoman sehingga dapat diketahui apabila pasien isoman keluar dari lokasi isolasi. Sistem dapat mengukur jarak pasien dari lokasi isoman.

Microcontroller digunakan untuk mengelola data-data dari sensor berupa angka yang nantinya dapat dibaca oleh pengguna. *Microcontroller* yang digunakan yaitu NodeMCU ESP8266. NodeMCU memiliki harga yang relatif murah, lengkap, dan juga praktis. Hanya tinggal menghubungkannya ke *port* USB komputer/laptop kemudian diprogram tanpa perlu tambahan kabel lain, seperti *USB to serial*. NodeMCU ESP8266 membutuhkan daya yang relatif rendah, yaitu sekitar 3,3 V. Modul ini dilengkapi dengan *processor*, memori, dan GPIO, di mana jumlah pin bergantung dengan jenis ESP8266 yang digunakan [8]. Di dalam *microcontroller* juga telah terdapat modul WiFi ESP8266 sebagai media komunikasi melalui internet.

Microcontroller dihubungkan dengan sensor MCP9808, sensor MAX30100, dan sensor GPS-GYNEO06M. Setiap sensor akan menampilkan data keluaran yang diubah dari sinyal analog menjadi digital pada serial monitor kemudian dikirim ke *cloud database*. Setelah itu, data parameter kesehatan pasien akan ditampilkan pada *dashboard* sistem.

Tahap selanjutnya yaitu merancang diagram perkabelan masing-masing sensor yang diintegrasikan dengan *microcontroller*. Proses pengkabelan akan disesuaikan dengan pola desain 3D purwarupa perangkat. Masing-masing sensor akan ditempatkan mengikuti bentuk media purwarupa perangkat, yaitu sarung tangan. Diagram perkabelan perangkat dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Diagram Perkabelan Prototipe Perangkat

Tahap terakhir dalam perancangan perangkat keras yaitu perhitungan estimasi konsumsi daya yang dibutuhkan oleh keseluruhan perangkat. Tujuan dari perhitungan konsumsi ini adalah untuk menentukan besarnya asupan daya baterai yang digunakan untuk dapat menjalankan perangkat karena sistem ini adalah *wearable device* untuk digunakan di mana dan kapan saja tanpa harus selalu terhubung ke sumber daya. Perhitungan daya dilakukan dengan menggunakan persamaan umum untuk arus, tegangan, dan daya, yaitu:

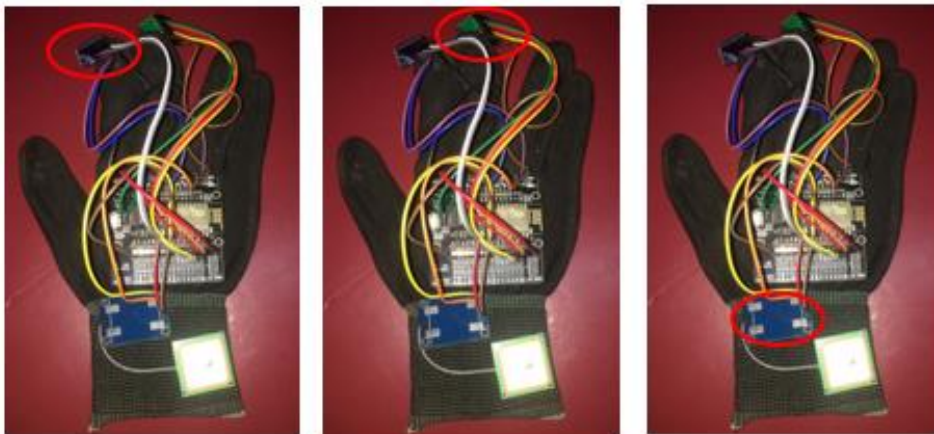
$$P = V \times i \quad (1)$$

Hasil perhitungan daya perangkat ditampilkan pada Tabel I.

Tabel I Tabel Analisis Perhitungan Daya Perangkat

No.	Nama Perangkat	Tegangan (volt)	Arus (amper)	Daya (watt)
1	Sensor MAX30100	3,3	0,02	0,066
2	Sensor MCP9808	3,3	0,02	0,066
3	Sensor GPS-GYNEO06M	5	0,01	0,05
4	NodeMCU	3,3	0,02	0,066
			Total Konsumsi Daya	0,248 watt

Setelah estimasi perhitungan daya perangkat, masing-masing sensor dapat langsung diimplementasikan ke dalam media purwarupa, yaitu sarung tangan, yang diperlihatkan Gambar 6.



Gambar 6 Sensor Yang Telah Dipasang pada Sarung Tangan

3.3.2 Perangkat Lunak Sistem *Monitoring* Pasien Isoman

Pada penelitian ini *dashboard* sistem pemantauan pasien isoman menggunakan *platform* Cayenne myDevices™ sebagai penyedia penyimpanan data sekaligus untuk visualisasi data-data yang diperoleh dari perangkat keras sistem. Cayenne menggunakan koneksi MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) sebagai protokol komunikasi antara *microcontroller* dengan *cloud server*. Cayenne adalah IoT *drag-and-drop platform* yang dikembangkan oleh myDevices. Cayenne dapat terkoneksi dengan berbagai jenis *microcontroller*, seperti Arduino, Raspberry Pi, Lora, dan Generic ESP8266. Cayenne dilengkapi dengan berbagai fitur yang dapat memudahkan pembangunan ekosistem IoT [9].

Dalam tahap ini juga dirancang *database* untuk menyimpan data riwayat pengukuran parameter kondisi pasien. *Database* ini berada di jaringan *cloud* sehingga diakses melalui koneksi internet. *Dashboard* berperan sebagai media *database* yang menyimpan dan menampilkan data-data pembacaan sensor secara *real-time* selama perangkat dalam mode aktif. Contoh *database* sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7.

Timestamp	Device N...	Channel	Sensor Name	Sensor ID	Data Type	Unit	Values
2022-06-09 2:00:53	PATHMON	0	Channel 0	a1679fb0-e7c1-11ec-8c44-37...	BPM	BPM	111.56199645996
2022-06-09 2:00:43	PATHMON	0	Channel 0	a1679fb0-e7c1-11ec-8c44-37...	BPM	BPM	79.647003173828
2022-06-09 2:00:33	PATHMON	0	Channel 0	a1679fb0-e7c1-11ec-8c44-37...	BPM	BPM	74.156997680664
2022-06-09 2:00:11	PATHMON	0	Channel 0	a1679fb0-e7c1-11ec-8c44-37...	BPM	BPM	150.10200500488
2022-06-09 2:00:01	PATHMON	0	Channel 0	a1679fb0-e7c1-11ec-8c44-37...	BPM	BPM	80.473999023438
2022-06-09 1:59:51	PATHMON	0	Channel 0	a1679fb0-e7c1-11ec-8c44-37...	BPM	BPM	82.194000244141
2022-06-09 1:59:41	PATHMON	0	Channel 0	a1679fb0-e7c1-11ec-8c44-37...	BPM	BPM	92.932998657227
2022-06-09 1:59:31	PATHMON	0	Channel 0	a1679fb0-e7c1-11ec-8c44-37...	BPM	BPM	86.696998996191
2022-06-09 1:59:21	PATHMON	0	Channel 0	a1679fb0-e7c1-11ec-8c44-37...	BPM	BPM	86.98999786377
2022-06-09 1:59:11	PATHMON	0	Channel 0	a1679fb0-e7c1-11ec-8c44-37...	BPM	BPM	87.411003112793
2022-06-09 1:59:01	PATHMON	0	Channel 0	a1679fb0-e7c1-11ec-8c44-37...	BPM	BPM	84.231002807617

Gambar 7 Tampilan *Dashboard* dan Contoh *Database* Sistem

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengujian Perangkat Keras Sistem *Monitoring* Pasien Isoman

Pengujian perangkat keras sistem monitoring ini dimulai dengan skenario pertama, yaitu pengukuran suhu tubuh manusia dengan menggunakan sensor MCP9808. Tabel II memperlihatkan seluruh pengujian dan hasilnya.

Hasil pengukuran yang dihasilkan harus dipastikan tepat dengan menentukan persentase selisih hasil ukur (simpangan) terhadap nilai semestinya yang mencapai $\pm 2\%$ [10]. Pengujian sensor suhu tubuh juga akan diuji coba dan dibandingkan dengan termometer digital. Suhu tubuh normal manusia berkisar antara $36,5^{\circ}\text{C}$ hingga $37,5^{\circ}\text{C}$. Jika melebihi $38,5^{\circ}\text{C}$, maka ada indikasi orang tersebut sedang sakit atau terinfeksi Covid-19.

Skenario kedua yaitu pengujian sensor detak jantung. Uji coba dilakukan terhadap 2 orang. Hasil pengukuran ini diuji coba dan dibandingkan dengan *pulse oximeter fingertip*. Pengujian dilakukan dengan menempelkan sensor detak jantung pada jari telunjuk. Hasil pengujian ini memiliki selisih 0,50%, namun akurasi yang sangat baik, yaitu sebesar 99,5%.

Skenario ketiga yaitu pengujian sensor deteksi saturasi oksigen. Pengujian ini dibandingkan juga dengan *pulse oximeter fingertip*. Uji coba dilakukan terhadap 4 orang. Pengujian dilakukan dengan menempelkan sensor deteksi saturasi oksigen pada jari telunjuk. Hasil pengujian ini memiliki selisih 1,5% dengan akurasi yang juga sangat baik, yaitu sebesar 98,5%

Skenario keempat yaitu pengujian sensor deteksi lokasi pasien isoman. Pengujian ini untuk mendapatkan data lokasi pasien selama menjalani isoman di lokasi isoman. Pengujian dilakukan dengan meletakkan sensor GPS di bagian atas sarung tangan, atau di punggung telapak tangan, sehingga sensor dapat menghasilkan pembacaan koordinat lokasi kemudian berhasil mengkonversikannya ke dalam satuan jarak.

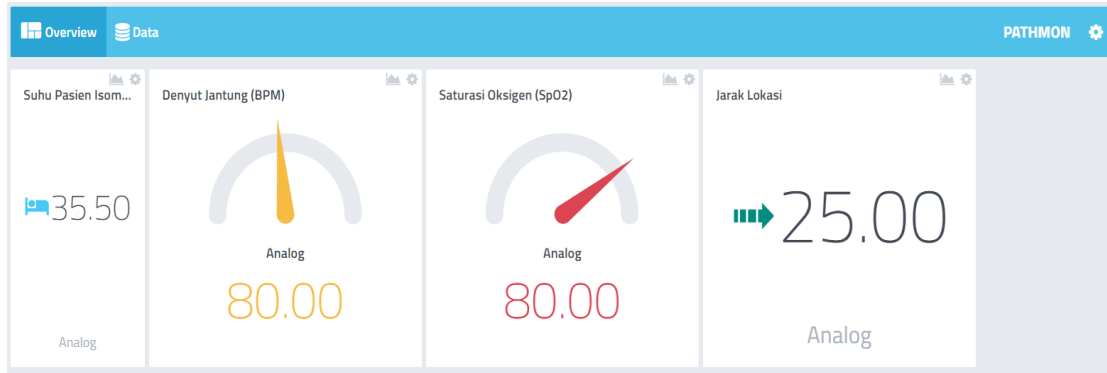
Tabel II Hasil Pengujian Sensor-Sensor

No.	Sensor	Uji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1.	Suhu Tubuh	Sensor suhu tubuh dipasang pada jari tangan.	Sensor mampu memberikan nilai suhu tubuh dalam derajat celcius.	Berhasil.
2.		Akurasi nilai suhu dari sensor prototipe perangkat terhadap termometer digital biasa.	Sensor mampu memberikan nilai suhu tubuh yang sama dengan pengukuran termometer digital.	Berhasil.
3.	Detak Jantung	Sensor detak jantung dipasang pada jari telunjuk.	Sensor mampu memberikan nilai detak jantung manusia dalam bpm.	Berhasil.
4.		Akurasi nilai bpm dari prototipe perangkat terhadap <i>pulse oximeter</i> biasa.	Sensor mampu memberikan nilai bpm yang sama dengan pengukuran <i>pulse oximeter</i> .	Berhasil.
5.	Kadar Oksigen Dalam Darah	Sensor saturasi oksigen dipasang pada jari telunjuk.	Sensor mampu memberikan nilai SpO2 manusia dalam persen.	Berhasil.
6.		Akurasi nilai SpO2 dari prototipe perangkat terhadap <i>pulse oximeter</i> biasa.	Sensor mampu memberikan nilai SpO2 yang sama dengan pengukuran <i>pulse oximeter</i> .	Berhasil.
7.	Koordinat Posisi	Pembacaan koordinat lokasi GPS yang dipasang pada punggung sarung tangan.	Sensor mampu memberikan koordinat lokasi pasien (dilihat melalui <i>dashboard</i>).	Berhasil.

4.3 Pengujian Perangkat Lunak Sistem *Monitoring* Pasien Isoman

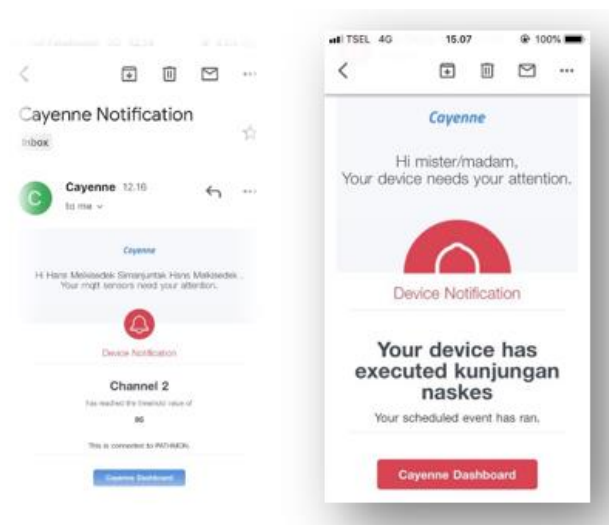
Pengujian perangkat lunak sistem dilakukan untuk memastikan data pasien yang diambil oleh perangkat keras (sensor dan *microcontroller*) sistem dapat dikirimkan ke perangkat lunak (*dashboard*) sistem sehingga dapat dipresentasikan kepada pengguna. Data-data tersebut dialirkan melalui serial monitor lalu ke *cloud*

database kemudian tampil di *dashboard*. Gambar 8 adalah contoh tampilan pada *dashboard* mengenai hasil pengukuran sensor-sensor.



Gambar 8 Contoh Tampilan Hasil Pengukuran pada *Dashboard*

Notifikasi yang diberikan sistem ada 2, yaitu notifikasi yang berisi peringatan bahwa nilai parameter yang diuji berada melebihi ambang batas normal dan notifikasi yang berisi peringatan tentang kunjungan nakes selama masa isolasi. Gambar 9 adalah contoh dua notifikasi yang dikirimkan oleh sistem ke pengguna (nakes) melalui surel.



Gambar 9 Contoh Dua Notifikasi Melalui Surel ke Nakes

Tabel III memperlihatkan seluruh pengujian *dashboard* beserta hasilnya. Berdasarkan pengujian, *dashboard* sudah memenuhi aspek kebutuhan fungsional sebesar 100%. Seluruh pengukuran dari setiap sensor berhasil ditampilkan.

Tabel III Pengujian *Dashboard* Sistem

No.	Deskripsi	Hasil Pengujian
1.	<i>Dashboard</i> menampilkan persentase masing-masing nilai parameter kesehatan pasien isoman.	Berhasil.
2.	<i>Dashboard</i> menampilkan notifikasi kepada pengguna terkait ambang batas nilai parameter kesehatan.	Berhasil.
3.	<i>Dashboard</i> menampilkan notifikasi kunjungan nakes jika dalam keadaan darurat (hasil pengukuran sensor melebihi ambang batas normal).	Berhasil.

4.4 Analisis Tren *Monitoring*

Analisis tren adalah analisis statistik dengan membandingkan data antar waktu. Analisis ini berguna untuk melakukan suatu estimasi atau peramalan pada masa yang akan datang dengan menggunakan data sebelumnya [11]. Pada penelitian ini kondisi kesehatan pasien isoman tidak hanya dilihat dari data suhu tubuh, detak jantung, kadar oksigen dalam darah, dan mobilitas pasien saat pengukuran saja, tetapi juga dari data sebelumnya. Seluruh data tersebut dapat juga digunakan untuk memprediksi kondisi kesehatan pasien di masa yang akan datang. Analisis tren ini dapat membantu tenaga medis untuk mengambil keputusan atau tindakan yang lebih tepat dalam menangani pasien isoman [12].

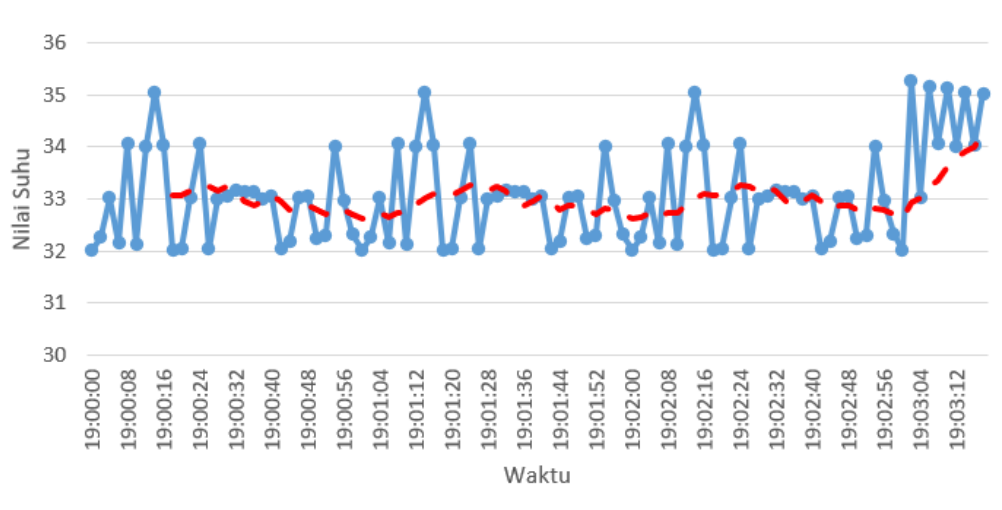
Analisis tren dilakukan terhadap masing-masing nilai parameter. Dimulai dengan mencari gradien antara selisih periode dan nilai parameter dengan menggunakan satu titik [13]. Nilai gradien yang didapat kemudian digunakan untuk mencari nilai estimasi waktu, yaitu panjang waktu yang dibutuhkan untuk mencapai

nilai suatu kondisi kesehatan pasien yang dianggap memburuk berdasarkan data riwayat pasien [13]. Data riwayat pasien tersebut dianalisis menggunakan formula *moving average* [10]:

$$\text{Moving Average (MA)} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}{n} \quad (2)$$

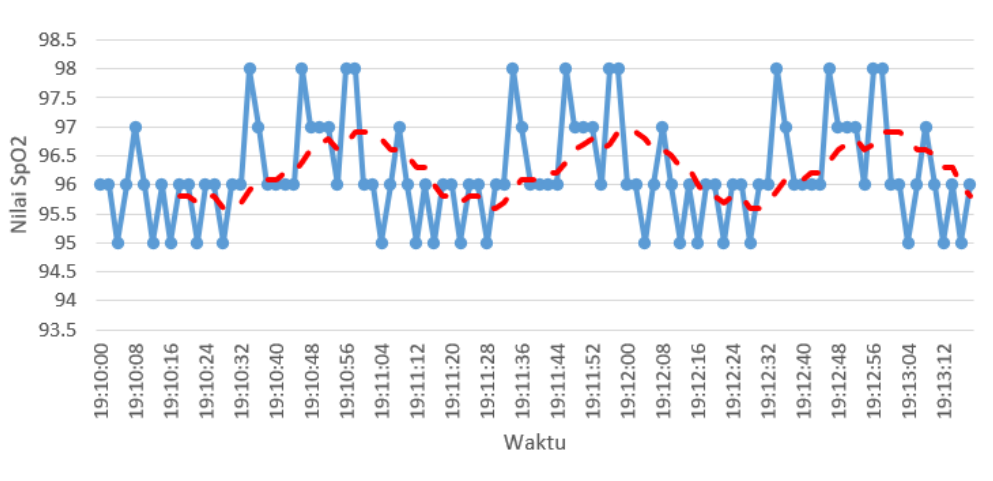
Nakes dapat mengetahui pergerakan data pasien (tren) dengan melihat nilai rata-rata dari 5 data parameter terakhir yang masuk kategori batas normal. Jika 5 data terakhir tersebut menunjukkan nilai yang secara signifikan berbeda dari 5 data sebelumnya, maka nakes dapat segera melakukan penanganan kepada pasien.

Hasil pengukuran tren suhu tubuh ditunjukkan pada Gambar 10. Hasil analisis tren kondisi pasien dihitung pada periode 5 data terakhir pada riwayat data suhu tubuh. Gradien $\left(\frac{Dy}{Dx}\right)$ yang dihasilkan adalah sebesar 0,012. Suhu tubuh untuk kondisi kritis adalah 38°C. Nilai gradien dibagi dengan suhu tubuh kritis menghasilkan nilai estimasi waktu dalam detik yaitu 3166. Artinya dapat diprediksi dalam waktu 3166 detik kondisi pasien akan mencapai suhu 38°C. Pada kondisi ini perangkat *monitoring* harus memberikan notifikasi kepada petugas medis untuk dapat bertindak lebih cepat.



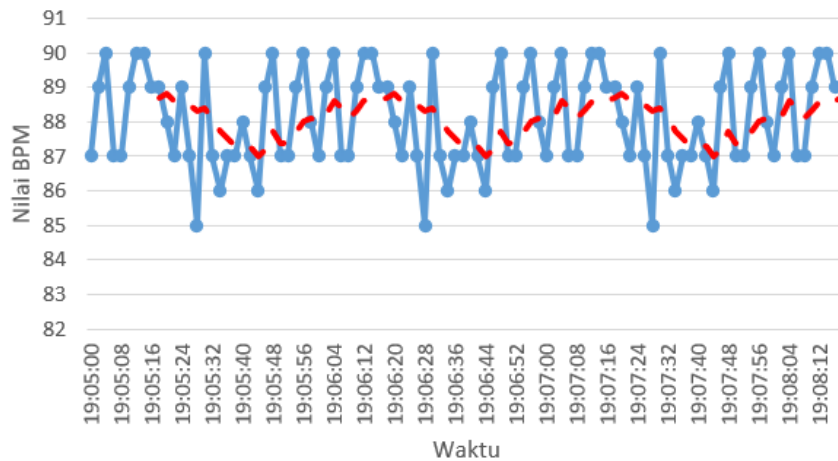
Gambar 10 Hasil Pengujian Tren Suhu Pasien

Hasil pengukuran tren saturasi oksigen ditunjukkan pada Gambar 11. Hasil analisis tren kondisi pasien dihitung pada periode 5 data terakhir pada riwayat data SpO2. Gradien yang dihasilkan adalah sebesar 0,2. Nilai SpO2 pada saat kondisi kritis adalah di atas 95%. Nilai gradien tersebut dibagi nilai SpO2 kritis menghasilkan nilai estimasi waktu, yaitu 470 detik. Artinya dapat diprediksi dalam waktu 470 detik, SpO2 pasien akan mencapai di atas 95%. Perangkat *monitoring* akan memberikan notifikasi kepada petugas medis untuk dapat bertindak lebih cepat.



Gambar 11 Hasil Pengujian Tren Saturasi Oksigen Pasien

Hasil pengukuran tren suhu tubuh ditunjukkan pada Gambar 12. Hasil analisis tren kondisi pasien dihitung pada periode 5 data terakhir pada riwayat data detak jantung. Gradien yang dihasilkan adalah sebesar 1,2. Detak jantung kondisi kritis adalah 125 bpm. Nilai gradien dibagi detak jantung kritis akan menghasilkan nilai estimasi waktu, yaitu 104 detik. Artinya dapat diprediksi bahwa dalam waktu 104 detik, detak jantung pasien akan mencapai 125 bpm. Perangkat *monitoring* akan memberikan notifikasi kepada petugas medis untuk dapat bertindak lebih cepat.



Gambar 12 Hasil Pengujian Tren Denyut Jantung Pasien

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisis pengujian sistem yang telah dilakukan pada penelitian ini, beberapa kesimpulan yang dapat diambil yaitu purwarupa sistem monitoring yang dibangun, berbentuk *wearable device* dalam media sarung tangan, telah mampu mengukur suhu, detak jantung, dan kadar oksigen dalam darah. Pengujian akurasi setiap sensor tersebut menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik. Fitur *tracking* menggunakan sensor GPS pun mampu membaca koordinat lokasi pasien. Seluruh hasil *monitoring* dan *tracking* ini dapat dipantau secara *real-time* melalui sebuah *dashboard* berbasis Cayenne myDevice.

Analisis tren yang dilakukan menghasilkan estimasi waktu suhu tubuh pasien akan memburuk adalah 3166 detik, estimasi waktu detak jantung pasien akan memburuk adalah 104 detik, dan estimasi waktu SpO2 pasien akan menurun dan kondisi pasien memburuk adalah 470 detik.

Saran bagi pengembangan dari penelitian ini antara lain perangkat *wearable device* ini dapat menggunakan *microcontroller* dengan ukuran yang lebih kecil lagi agar dimensi keseluruhan perangkat dapat lebih *compact* dan perlunya tambahan parameter kontrol deteksi perkembangan parameter pasien yang lebih responsif.

Daftar Pustaka

- [1] M. Nabila. "Warning Tenaga Medis Mulai Kewalahan Urus Pasien Covid-19." Internet: <https://kabar24.bisnis.com/read/20200921/15/1294345/warning-tenaga-medis-mulai-kewalahan-urus-pasien-covid-19>, 21 September 2020 [16 Oktober 2020].
- [2] BBC News Indonesia. "Covid-19: Karut Marut Isolasi Mandiri, 'Terpaksa Keluar Rumah, Tak Diawasi Petugas, Hingga Picu Klaster Keluarga.'" Internet: <https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-54382391>, 6 Oktober 2020 [10 Agustus 2021].
- [3] Infeksi Emerging, "Tanya Jawab Coronavirus Disease (COVID-19)." Internet: <https://infeksiemerging.kemkes.go.id/situasi-infeksi-emerging/tanya-jawab-coronavirus-disease-covid-19>, 06 Maret 2020 [10 Juli 2021].
- [4] Nonin Medical, Inc. "Nonin 3230 Bluetooth® Smart Nonin 3231 USB." Internet: <https://www.nonin.com/wp-content/uploads/2018/09/Spec-Sheet-3231-USB>, 20 Desember 2013 [17 Oktober 2020].
- [5] A. S. Muhlis, dkk. "Implementasi sistem monitoring detak jantung dan suhu tubuh manusia secara wireless." *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 2, hlm. 148-156, 2017.
- [6] A. I. Siam, dkk. "Smart health monitoring system based on IoT and cloud computing." 1st International Conference on *Electronic Engineering, Menoufia University, Egypt (ICEEM 2019)*, vol. 28, hlm. 37-42, 2019.
- [7] C. R. Nugroho, E. Yuniarti, dan A. Hartono. "Alat pengukur saturasi oksigen dalam darah menggunakan metode *photoplethysmograph reflectance*." *Al-Fiziya: Journal of Materials Science, Geophysics Instrumentation, and Theoretical Physics*, vol. 3, No. II, hlm. 84-93, 2020.

- [8] Ardutech. "Apa itu NodeMCU V3 dan Fungsinya dalam IoT (*Internet of Things*)." Internet: <https://www.ardutech.com/apa-itu-nodemcu-v3-fungsinya-dalam-iot-internet-of-things/>, 22 Februari 2020 [20 Mei 2020].
- [9] Cayenne Dashboard myDevices IoT Project. "The World's First Drag-and-Drop IoT Project Builder (*Internet of Things*)." Internet: <https://developers.mydevices.com/cayenne/features/>, 22 Februari 2022 [10 Mei 2022].
- [10] H. Wiguna, Y. Nugraha, R. Rizka, F. Andika, A. Kanggrawan, dan A. Suherman, "Kebijakan berbasis data: analisis dan prediksi penyebaran Covid-19 di Jakarta dengan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)." *Jurnal Sistem Cerdas*, vol. 3, no. 2, hlm. 74 – 83.
- [11] N. Ahmad. "Analisis Tren." Internet: <https://cerdasco.com/analisis-tren/>, 19 September 2019 [25 November 2019].
- [12] Alomedika. "Edukasi dan Promosi Kesehatan Covid-19 (Coronavirus Disease 2019)." Internet: <https://www.alomedika.com/penyakit/penyakit-infeksi/coronavirus-disease-2019-covid-19/edukasi-dan-promosi-kesehatan>, 20 Juli 2021 [11 Agustus 2021].
- [13] S. Widodo. "Deteksi Covid-19 pada citra CT-scan menggunakan *Alexnet* dan *Stochastic Gradient Descent* dengan momentum," dalam Prosiding Seminar Informasi Kesehatan Nasional (SIKesNas), 2021, hlm. 241 – 251.