

Sistem Telemonitoring Kesehatan Berbasis IoT

Leonardo Kamajaya¹, Agus Pracoyo², Lucky Nindya Palupi³, Arief Rahman Hidayat⁴

e-mail: leonardo42@polinema.ac.id, agus.pracoyo@polinema.ac.id, lucky.nindya.palupi@polinema.ac.id,
arhidayat27@gmail.com

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 19 Juni 2023

Direvisi 25 Juli 2023

Diterbitkan 31 Juli 2023

Kata kunci:

kecerdasan buatan
IoT
telemonitoring

Keywords:

artificial intelligence
IoT
telemonitoring

ABSTRAK

Peningkatan kasus penyakit kronis dan keterbatasan dalam pemantauan pasien secara langsung di rumah sakit membutuhkan sistem telemonitoring yang dapat memantau parameter kesehatan pasien di lingkungan sehari-hari mereka diharapkan dapat meningkatkan pengelolaan penyakit kronis, mendeteksi perubahan kesehatan yang berisiko tinggi, dan meningkatkan aksesibilitas layanan medis. Sistem telemonitoring ini dikembangkan untuk dapat mengukur kadar oksigen, detak jantung, tekanan darah dan suhu tubuh dengan dilengkapi fitur IoT dan kecerdasan buatan (fuzzy). Dengan tingkat akurasi masing-masing sensor sebesar 0.29% (sensor suhu), 2.04% (sensor detak jantung), 0.8% (sensor kadar oksigen), 2.81% (sensor tekanan darah-sistole) dan 2.63% (sensor tekanan darah-diastole). Hasil yang telah didapatkan dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem telemonitoring kesehatan berbasis IoT dengan fitur kecerdasan buatan ini dapat memonitoring kadar oksigen, detak jantung, tekanan darah, dan suhu tubuh secara akurat dan real-time. Hal ini memungkinkan interaksi yang lebih baik antara pasien dan tenaga medis, serta memfasilitasi tindakan medis yang lebih tepat waktu. Dengan pembuatan sistem telemonitoring kesehatan ini diharapkan dapat mempermudah manusia dalam telemonitoring kesehatan secara praktis dan efisien.

ABSTRACT

The increase in chronic disease cases and limitations in in-person patient monitoring in hospitals requires a telemonitoring system that can monitor patients' health parameters in their daily environment is expected to improve chronic disease management, detect high-risk health changes, and increase the accessibility of medical services. This telemonitoring system was developed to be able to measure oxygen levels, heart rate, blood pressure and body temperature with IoT and artificial intelligence (fuzzy) features. The accuracy of each sensor is 0.29% (temperature sensor), 2.04% (heart rate sensor), 0.8% (oxygen level sensor), 2.81% (blood pressure-systole sensor) and 2.63% (blood pressure-diastole sensor). The results obtained from this research show that this IoT-based health telemonitoring system with artificial intelligence features can monitor oxygen levels, heart rate, blood pressure, and body temperature accurately and in real-time. This enables better interaction between patients and medical personnel, and facilitates more timely medical actions. By making this health telemonitoring system, it is hoped that it can make it easier for humans to telemonitor health practically and efficiently.

Penulis Korespondensi:

Leonardo Kamajaya,
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang,
Jl. Soekarno HattaxNo.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141
Email: leonardo42@polinema.ac.id
Nomor HP/WA aktif: +62 82111064591



1. PENDAHULUAN

Kesehatan merupakan suatu hal yang tidak dapat dipisahkan dengan kehidupan manusia karena jika manusia tidak memiliki kesehatan yang baik maka manusia akan kesulitan dalam melakukan aktivitasnya sehari-hari. Sehingga manusia perlu untuk monitoring kondisi kesehatannya agar tetap dalam kondisi baik. Monitoring kesehatan dapat dilakukan secara individu dengan memanfaatkan teknologi sistem telemonitoring kesehatan. Dimana, sistem telemonitoring kesehatan ini memiliki tujuan yaitu mempermudah manusia untuk monitoring kesehatannya kapanpun dan dimanapun. Telemonitoring merupakan sistem pemantauan atau monitoring jarak jauh [1, 2]. Telemonitoring ini dapat diterapkan dalam bidang kesehatan [3, 4, 5, 6].

Aplikasi telemonitoring dalam bidang kesehatan ialah sistem telemonitoring kesehatan dengan menggunakan IoT sebagai metode monitoring jarak jauh. Perkembangan bidang IoT dalam beberapa tahun terakhir ini berperan besar terhadap perkembangan sistem telemonitoring [7, 8, 9, 10]. Dimana, IoT merupakan sebuah sistem yang memiliki kemampuan untuk menghubungkan dan mentransfer data objek tertentu dengan objek lainnya melalui jaringan internet. Pada era sekarang, implementasi teknologi IoT hampir dapat di temukan di berbagai objek. Kecerdasan buatan sangat berguna dalam pembaharuan teknologi di bidang elektronika. Kecerdasan buatan adalah teknologi dalam bidang komputer yang berisi kecerdasan di dalam sebuah sistem yang dapat diatur. Kecerdasan buatan dapat berfungsi sebagai pengambil keputusan untuk menentukan suatu permasalahan. Kecerdasan buatan dapat di implementasikan dalam bidang elektronika dan bidang kesehatan yaitu untuk menentukan kondisi manusia dari hasil pengukuran kesehatan berdasarkan parameter medis [11, 12]. Sistem telemonitoring ini akan memungkinkan pengukuran dan pemantauan kadar oksigen, detak jantung, tekanan darah, dan suhu tubuh secara real-time melalui sensor-sensor medis yang sensitif dan akurat. Data kesehatan ini akan diolah menggunakan teknologi kecerdasan buatan, seperti algoritma fuzzy, untuk menganalisis pola dan tren kesehatan pasien. Selain itu, teknologi IoT akan digunakan untuk mentransmisikan data secara otomatis ke platform cloud, yang memungkinkan aksesibilitas data oleh pasien dan tenaga medis secara mudah dan fleksibel.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan. Secara keseluruhan tahapan penelitian ini akan mengacu pada pembuatan platform perangkat keras dan perangkat lunak dari sistem telemonitoring kesehatan. Diawali dengan studi literatur tentang beberapa materi diperlukan untuk kebutuhan pengembangan proses pembuatan dan desain sistem telemonitoring kesehatan, seperti sensor, pengkondisian sinyal, dan informasi beberapa komponen terkait. Langkah berikutnya adalah pembuatan konsep platform (baik secara mekanik maupun elektrik). Proses selanjutnya adalah perancangan mekanik dan perancangan elektrik. Pada proses ini dilakukan pembuatan layout/gambar rangkaian elektrik secara keseluruhan, serta layout/desain untuk konstruksi dari sistem telemonitoring kesehatan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan desain yang ergonomis dan paling optimal. Selanjutnya, proses perakitan dilakukan pemasangan tiap komponen mekanik dan pemasangan rangkaian elektrik yang meliputi bagian kontrol utama, driver, sensor, dan display. Proses berikutnya adalah pengujian platform. Pada proses ini dilakukan untuk melihat performa unjuk kerja dari platform perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dihasilkan. Pada proses ini juga dilihat performa sistem telemonitoring kesehatan, dibandingkan dengan alat ukur lainnya.

2.1 Desain Sistem

Blok input pada alat ini dilengkapi dengan beberapa sensor, yaitu sensor MLX90614, sensor MPX5500DP, ADS1115, dan sensor MAX30100 tampak pada Gambar 1. Sensor MLX90614 berfungsi untuk mengukur suhu tubuh, sedangkan sensor MPX5500DP digunakan untuk mengukur tekanan darah. ADS1115 berperan sebagai ADC eksternal dengan fitur PGA (Programmable Gain Amplifier) yang berfungsi sebagai konverter sinyal analog dari MPX5500DP menjadi sinyal digital. Sensor MAX30100, di sisi lain, berfungsi untuk mengukur kadar oksigen dan detak jantung.

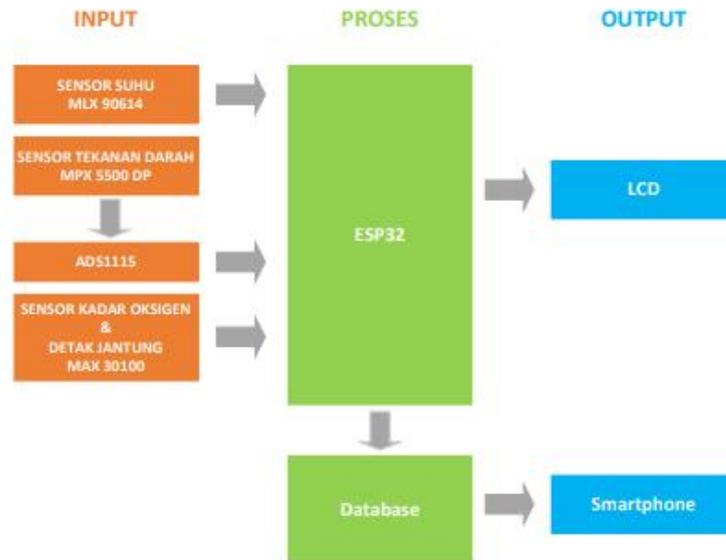
Pada blok proses, terdapat mikrokontroler ESP32 yang bertugas memproses data hasil pengukuran dari sensor-sensor tersebut sebelum menampilkannya pada Tft Display. Selain itu, mikrokontroler juga mengirimkan data



hasil pengukuran sensor ke database. Database yang digunakan adalah Firebase, yang berperan dalam menyimpan data hasil pengukuran sensor agar dapat diakses melalui aplikasi Kodular. Dengan adanya database Firebase, data dapat ditampilkan secara terstruktur melalui aplikasi yang telah dibuat.

Pada blok output, terdapat TFT Display berukuran 2,8 inci yang digunakan untuk menampilkan data hasil pengukuran dari sensor-sensor tersebut. Smartphone digunakan sebagai perangkat untuk mengakses aplikasi Kodular yang telah dibuat. Aplikasi ini akan menampilkan data hasil pengukuran sensor yang tersimpan dalam database dengan antarmuka yang telah dirancang sebelumnya.

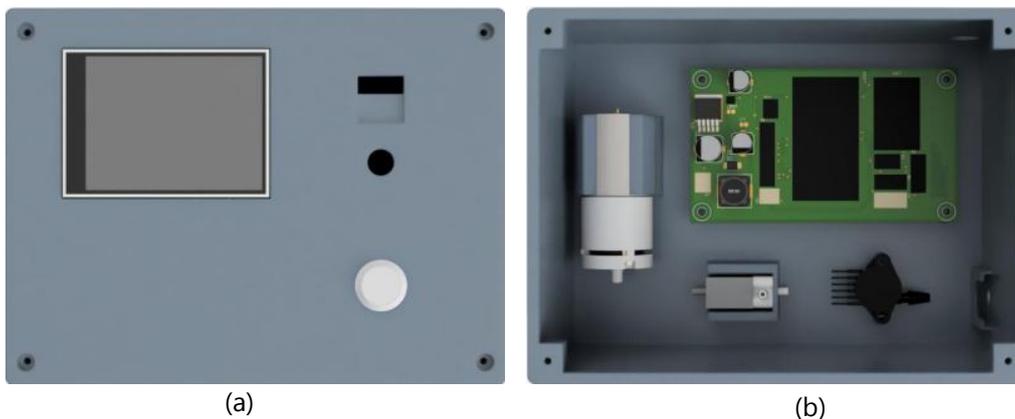
Dengan demikian, alat sistem telemonitoring kesehatan ini menggunakan berbagai sensor untuk mengukur suhu tubuh, tekanan darah, kadar oksigen, dan detak jantung. Data hasil pengukuran tersebut diproses oleh mikrokontroler ESP32, ditampilkan pada Tft Display, dan disimpan dalam database Firebase. Pengguna dapat mengakses data melalui aplikasi Kodular yang telah dirancang secara khusus.



Gambar 1: Blok Diagram Sistem Telemonitoring Kesehatan

2.2 Desain Mekanik

Dalam pembuatan alat sistem telemonitoring kesehatan ini, digunakan metode pencetakan 3D dengan menggunakan bahan PLA sebagai bahan dasarnya. Alat ini memiliki dimensi 16,8 x 12,8 x 8 cm. Pada bagian atas alat, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.a, terdapat layar TFT berukuran 2,8 inci, sensor MAX30100, sensor MLX90614, dan push button. Sementara itu, pada gambar 2.b terdapat PCB, pompa udara, solenoid valve, dan sensor MPX5500DP. Desain mekanik alat sistem telemonitoring kesehatan ini dapat dilihat pada Gambar 2.



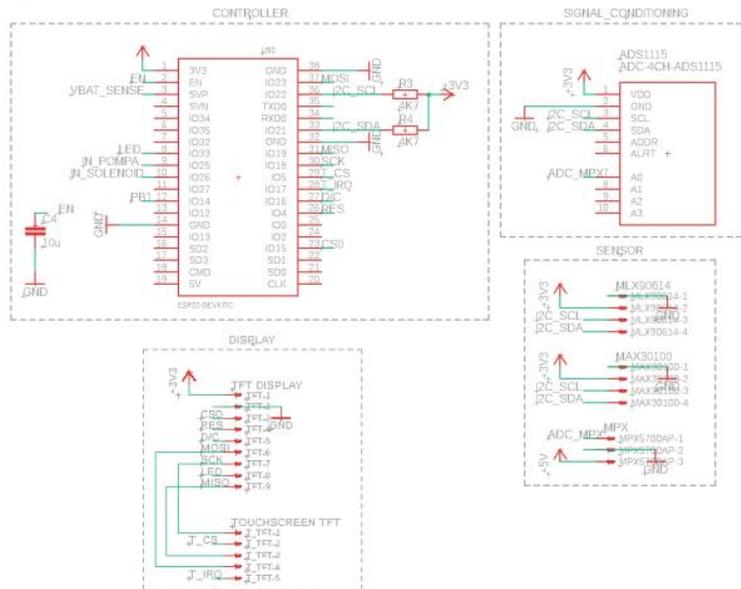
Gambar 2: Desain mekanik Sistem Telemonitoring Kesehatan (a) tampak atas dan (b) tampak dalam



2.3 Desain Elektrik Sistem Telemonitoring

Sistem elektronik pada perangkat ini terdiri dari komponen input, proses, dan output. Adapun sistem input terdiri dari sensor suhu MLX90614, sensor kadar oksigen dan detak jantung MAX30100, sensor tekanan MPX5500DP. Sedangkan untuk sistem output yaitu Tft 2.8 inci.

Sensor MLX90614 merupakan sensor suhu non-kontak yang mengandalkan teknologi termopile dan infra merah untuk mengukur suhu objek. Sensor ini memiliki kemampuan untuk mendeteksi dan mengukur radiasi inframerah yang dipancarkan oleh objek dan mengkonversinya menjadi suhu dalam satuan Celsius atau Fahrenheit. Dengan demikian, sensor MLX90614 mampu memberikan pengukuran suhu tanpa perlu melakukan kontak fisik langsung dengan objek yang diukur.



Gambar 3: Desain Elektrik Sistem Telemonitoring Kesehatan

Sensor MAX30100 adalah sensor optik yang menggunakan teknologi inframerah dan cahaya merah untuk mengukur detak jantung dan kadar oksigen dalam darah. Sensor ini menggunakan prinsip fotoplethysmography (PPG) yang memanfaatkan perubahan cahaya yang diserap oleh jaringan tubuh untuk mendeteksi denyut nadi dan saturasi oksigen dalam darah.

Sensor MPX5500DP adalah sensor tekanan diferensial yang menggunakan teknologi piezoresistif untuk mengukur perbedaan tekanan antara dua titik dalam suatu sistem. Sensor ini mengkonversi perbedaan tekanan menjadi sinyal listrik yang dapat diukur dan diinterpretasikan oleh perangkat elektronik.

TFT Display adalah sebuah jenis layar atau monitor yang menggunakan teknologi Thin Film Transistor (TFT) sebagai pengendali piksel pada layar. Setiap piksel pada layar TFT memiliki transistor individu yang mengontrol intensitas cahaya dan warna yang dihasilkan. Hal ini memungkinkan tampilan yang lebih tajam, jelas, dan akurat dibandingkan dengan layar tradisional.

2.4 Firebase

Firestore adalah platform cloud-based yang menyediakan berbagai layanan yang berguna dalam pengembangan aplikasi IoT. Dalam konteks IoT, Firestore berperan sebagai backend yang mampu mengelola data yang dikirimkan oleh perangkat IoT ke cloud. Firestore menyediakan API dan infrastruktur yang diperlukan untuk menyimpan, mengelola, dan menganalisis data dari perangkat IoT. Kegunaan firestore di bidang IoT antara lain penyimpanan data dari perangkat IoT, real-time database untuk mengirim dan menerima data secara real-time antara perangkat IoT dan Cloud, notifikasi push yang dapat digunakan dalam pemberitahuan ketika terjadi



perubahan status perangkat atau ketika data sensor mencapai batas tertentu, keamanan dan otorasi dalam pengembangan perangkat IoT, dan analisis serta monitoring kinerja perangkat IoT.

Dalam bidang IoT, Firebase memberikan solusi yang kuat untuk mengintegrasikan perangkat IoT dengan cloud. Dengan fitur penyimpanan data, real-time database, notifikasi push, keamanan, dan analisis, Firebase memungkinkan pengembang untuk mengembangkan aplikasi IoT yang kuat, aman, dan responsif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun pengujian yang telah dilakukan adalah melakukan pengujian hasil pembacaan sensor MLX90614 untuk mengukur suhu tubuh, sensor MAX30100 untuk mengukur detak jantung dan kadar oksigen kemudian sensor MPX5500DP untuk mengukur tekanan darah, Nantinya hasil pengukuran yang didapatkan oleh ketiga sensor tersebut akan dibandingkan hasilnya dengan alat ukur yang telah biasanya digunakan secara umum.

Data hasil dari sensor-sensor tersebut kemudian dibandingkan dengan alat pembanding untuk mendapatkan nilai error dan mendapatkan standar deviasi nilai data pengukuran sensor. Perhitungannya ditunjukkan pada (1).

$$Error (\%) = \frac{|N_{sensor} - N_{alat_ukur}|}{N_{alat_ukur}} \times 100\% \tag{1}$$

Standar deviasi adalah nilai untuk menentukan kedekatan antara nilai sampel alat dengan nilai sampel alat ukur pembanding, dan melihat sebaran data dalam sampel. Perhitungannya ditunjukkan pada (2).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \tag{2}$$

Dimana:

σ = Standar deviasi

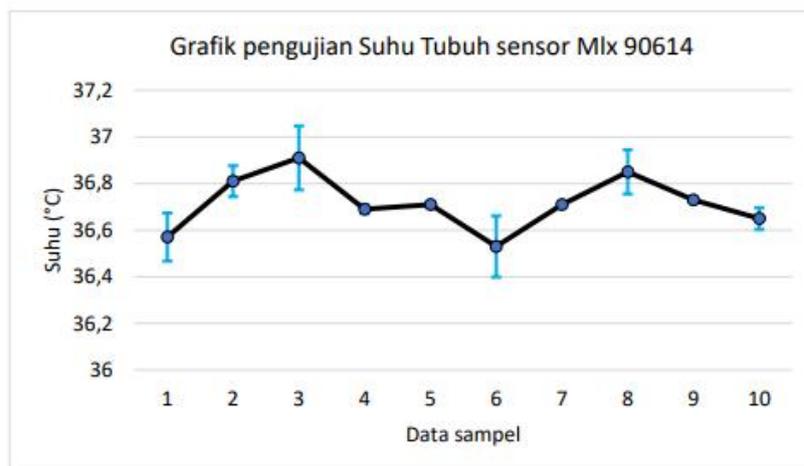
x_i = Nilai data ke- i

\bar{x} = Nilai rata-rata

n = Banyaknya data

3.1 Pengujian sensor MLX90614

Pada proses pengujian ini dilakukan dengan mengambil data pengukuran suhu dari sensor MLX90614 dan membandingkan hasil pengukuran tersebut dengan *thermogun*.



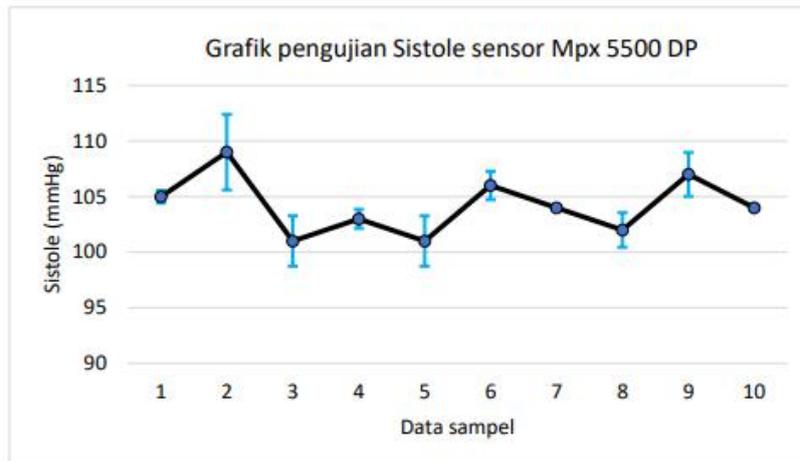
Gambar 4: Grafik pengujian suhu tubuh dengan sensor MLX90614



Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian sensor suhu (MLX90614) diatas di dapatkan bahwa nilai error suhu terendah adalah 0,03% dan nilai error suhu tertinggi adalah 0,90%. Untuk nilai standar deviasi terendah adalah 0,00 °C dan nilai standar deviasi tertinggi adalah 0,25 °C.

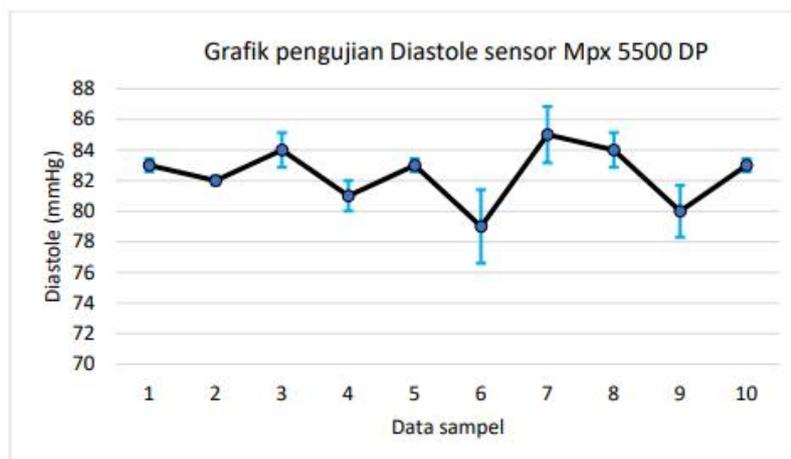
3.2 Pengujian sensor MPX5500DP

Pada proses pengujian ini dilakukan dengan mengambil data pengukuran tekanan darah dari sensor MPX5500DP dan membandingkan hasil pengukuran tersebut dengan alat Tensimeter digital.



Gambar 5: Grafik pengujian tekanan darah (sistole) sensor MPX5500DP

Dari pengujian sensor tekanan darah sistole (MPX5500DP) pada Gambar 5, di dapatkan bahwa nilai error tekanan darah sistole terendah adalah 0,00% dan nilai error tekanan darah sistole tertinggi adalah 6,73%. Untuk nilai standar deviasi terendah adalah 0,00 mmHg dan nilai standar deviasi tertinggi adalah 4,74 mmHg.



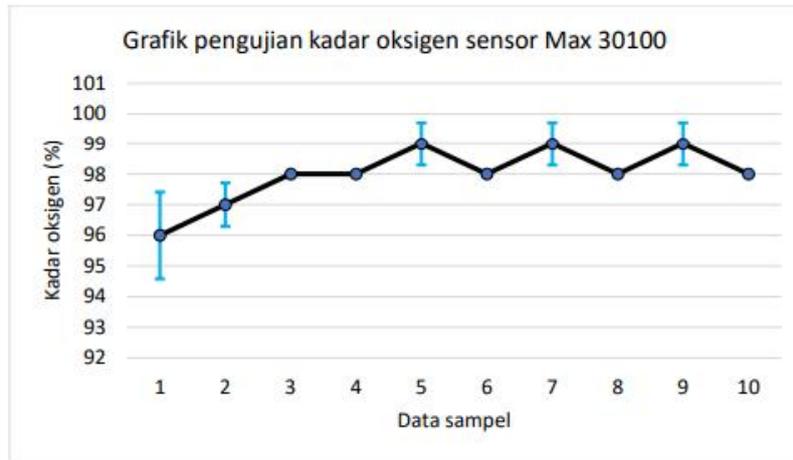
Gambar 6: Grafik pengujian tekanan darah (diastole) sensor MPX5500DP

Kemudian Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian sensor tekanan darah diastole (MPX5500DP) di dapatkan bahwa nilai error tekanan darah diastole terendah adalah 0,00% dan nilai error tekanan darah diastole tertinggi adalah 5,71%. Untuk nilai standar deviasi terendah adalah 0,00 mmHg dan nilai standar deviasi tertinggi adalah 4,24 mmHg.



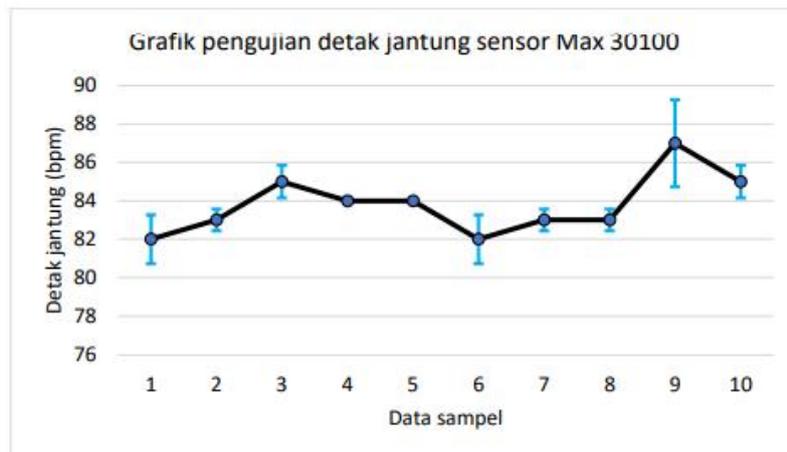
3.3 Pengujian sensor MAX30100

Pengujian berikutnya digunakan MAX30100 untuk mengukur kadar oksigen dan detak jantung pengguna, dan membandingkan hasilnya dengan oximeter.



Gambar 7: Grafik pengujian kadar oksigen sensor MAX30100

Hasil pengujian sensor kadar oksigen (MAX30100) yang ditunjukkan Gambar 7, di dapatkan bahwa nilai error kadar oksigen terendah adalah 0,00% dan nilai error kadar oksigen tertinggi adalah 2,06%. Untuk nilai standar deviasi terendah adalah 0,00% dan nilai standar deviasi tertinggi adalah 1,41%.



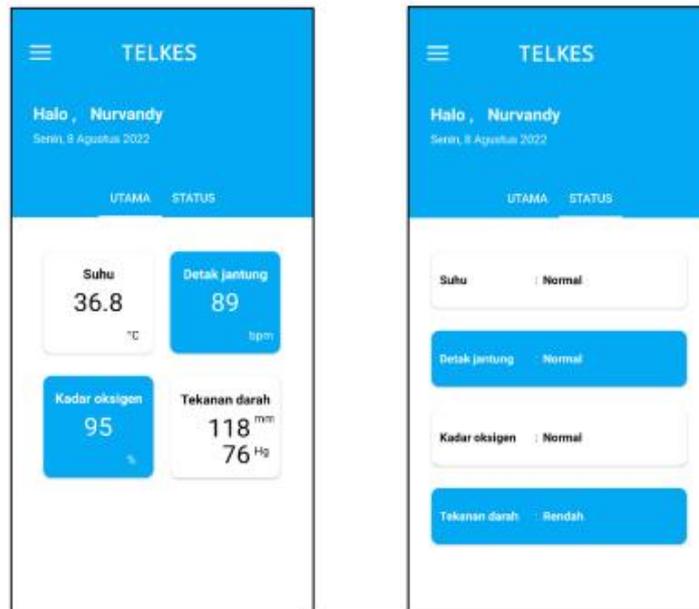
Gambar 8: Grafik pengujian detak jantung sensor MAX30100

Untuk hasil pengujian sensor detak jantung (MAX30100) pada Gambar 8 di dapatkan bahwa nilai error detak jantung terendah adalah 0,00% dan nilai error detak jantung tertinggi adalah 3,95%. Untuk nilai standar deviasi terendah adalah 0,00 bpm dan nilai standar deviasi tertinggi adalah 3,75 bpm

3.4 Pengujian dan Analisis Interface

Dalam pengujian interface ini dilakukan dengan mengecek nilai output sensor dan nilai output fuzzy sudah sesuai dari alat dengan aplikasi yang sudah dibuat, sesuai yang ditampilkan pada Gambar 9. Pada Gambar 10, menunjukkan bahwa nilai output sensor dan nilai output fuzzy dari alat kemudian dikirim ke database sudah sesuai dengan nilai yang tertampil pada aplikasi.





Gambar 9: Interface aplikasi



Gambar 10: Database aplikasi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengujian dan analisis yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa:

1. Tingkat akurasi sensor suhu (MLX90614) dengan didapatkan nilai error pengukuran dengan nilai 0,09%, untuk tingkat akurasi sensor detak jantung didapat nilai error 3,016% dan tingkat akurasi kadar oksigien (MAX30100) didapatkan nilai error 2,45%, tingkat akurasi sensor tekanan darah (MPX5500DP) dengan nilai error 2,092% untuk sistole dan tingkat akurasi dengan nilai error 2,977% untuk diastole.



2. Dengan adanya ESP32 sebagai mikrokontroler dengan fitur yang dapat tersambung ke internet untuk mengirim data, firebase sebagai database untuk menyimpan data dari ESP32 dan kodular untuk pembuatan aplikasi yang sudah dirancang menjadikan implementasi iot berhasil terealisasi.
3. Fuzzy sugeno berhasil sebagai pengambil keputusan untuk menentukan apakah nilai dari sensor suhu, detak jantung, kadar oksigen dan tekanan darah termasuk ke dalam kategori rendah, normal atau tinggi. Dengan demikian implementasi kecerdasan buatan dapat terealisasi menggunakan fuzzy sugeno.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Malang atas bantuan pendanaan yang telah diberikan pada penelitian skema DIPA Reguler ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdellatif, M.M., & Mohamed, W, "Telemedicine: An IoT Based RemoteHealthcare System"., International Journal of Online & Biomedical Engineering, 16(6), 2020.
- [2] Azmi, F., Fawwas, I., Muhathir, M., & Dharshinni, N.P., "Design of Water Level Detection Using Ultrasonic Sensor Based on Fuzzy Logic"., Journal of Informatics and Telecommunication Engineering, 3(1), 142-149. 2019
- [3] Cahyadi, W., Chaidir, A. R., & Anda, M.F, "Penerapan Logika Fuzzy sebagai Alat Deteksi Hipotermia dan Hipertemia Pada Manusia Berbasis Internet of Thing (Iot)"., Jurnal Rekayasa Elektroika, 17(2). 2021
- [4] Isyanto, H., & Jaenudin, I, "Monitoring Dua Parameter Data Medik Pasien (Suhu Tubuh dan Detak Jantung) Berbasis Aruino Nirkabel". 1999.
- [5] Li, W.-J., Yen C., Lin, Y.-S., Tung, S.-C., & Huang, S, "Just IoT Internet of Things based on the Firebase real-time database.", IEEE International Conference on Smart Manufacturing, Industrial & Logistics Engineering (SMILE), 43-47.2018.
- [6] Nasution, H. "Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan," Jurnal ELKHA, 4(2), 2012.
- [7] Patel, K. K., & Patel, S. M., "Internet of Things-IOT: definition, characteristics, erchitecture, enabling technologies, application & future challenges", International Journal of Engineering Science and Computing. 6 (5).2018.
- [8] Sinaga, R. P., SUsilo, S., & Widodo, B. "Rancang Bangun Sistem Pengukuran Suhu Tubuh Manusia Otomatis Tanpa Kontak Fisik Dengan Sensor Suhu MLX90614 Berbasis Arduino Uno pada Bilik Disinfektan," Lektrokom: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 3(1), pages 10, 2020
- [9] Suprayitno, E. A. Marlino, M. R., & Mauliana, M. I, "Measurement device for detecting oxygen saturation in blood, heart rate, and temperature of human body", Journal of Physics: Conference Series, 1402(3), 2019
- [10] Susanto, F. A, "Pengukuran Suhu Tubuh Online Sebagai Pencegahan Penyebaran Virus Flu di Lingkungan Kampus", Jurnal Sistem Informasi dan Bisnis Cerdas, 13(2), pages 67-74, 2020
- [11] Wang, Z., Yang, Z., & Dong, T. "A review of wearable technologies for elderly care that can accurately track indoor position, recognize physical activities and monitor vital sign in real time", Sensors, 17(2), pages 341, 2017
- [12] Yolanda, D., Derisma, D., Yendri, D., " Penerapan metode certainty factor dalam system pendeteksi risiko hipertensi berbasis smartphone"., Jurnal Telekomunikasi dan Komputer, 11(1), pages 37, 2021

