

RANCANG BANGUN *DIAGNOSTIC POCKET* UNTUK PEMANTAUAN NON-INVASIF SPO₂, BPM DAN SUHU TUBUH BERBASIS IOT DENGAN SENSOR OPTIK DAN INFRAMERAH SECARA *REAL-TIME*

Oleh : Faizah¹, Mohamad Sofie², Ichsan Widiyana³

¹Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275

^{2,3}Teknik Elektro Medik, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang

Kawasan ATEM Technopark Jl. Kolonel Warsito Sugiarto KM. 2,5 Sadeng, Gunungpati, Semarang

Email: ¹faizah@polines.ac.id

Abstrak

Perangkat diagnostik portabel berbasis IoT ini dikembangkan untuk memantau tiga parameter vital tubuh, yaitu kadar oksigen dalam darah (SpO₂), detak jantung (BPM), dan suhu tubuh. Sistem ini menggunakan sensor MAX30102 dan MLX90614 yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Hasil pengukuran ditampilkan melalui layar OLED serta dikirim secara daring ke database berbasis IoT guna mendukung pemantauan jarak jauh. Pengujian alat dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap perangkat standar seperti pulse oximeter dan thermogun untuk memastikan tingkat akurasi. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan tingkat kesalahan minimum 0% dan maksimum 3,4%, dengan rata-rata kesalahan masing-masing parameter adalah SpO₂ (1-2%), BPM (0-3,4%), dan suhu tubuh (0-2,7%). Secara keseluruhan, perangkat ini terbukti efektif sebagai alat portabel untuk pemantauan kesehatan mandiri dengan akurasi yang cukup baik serta didukung kemampuan penyimpanan data berbasis cloud.

Kata kunci: MAX30102, ESP32, diagnostik portabel, IoT, SpO₂, BPM, suhu tubuh

Abstract

This portable diagnostic device based on IoT is designed to monitor three vital health parameters: blood oxygen saturation (SpO₂), heart rate (BPM), and body temperature. The system utilizes the MAX30102 and MLX90614 sensors integrated with an ESP32 microcontroller. Measurement results are displayed on an OLED screen and transmitted online to a cloud database to enable remote monitoring. The device was tested by comparing its measurements with standard instruments such as a pulse oximeter and a thermogun to validate its accuracy. Test results showed a minimum error rate of 0% and a maximum of 3.4%, with average errors of 1–2% for SpO₂, 0–3.4% for BPM, and 0–2.7% for body temperature. Overall, this device proves to be an effective portable solution for personal health monitoring, offering reliable accuracy and cloud-based data storage capabilities.

Keywords: MAX30102, ESP32, portable diagnostic, IoT, SpO₂, BPM, body temperature

1. Pendahuluan

Pemantauan tanda vital seperti detak jantung, saturasi oksigen, dan suhu tubuh sangat penting untuk menilai kondisi kesehatan. Namun, perangkat konvensional masih bersifat terpisah dan belum terintegrasi dengan sistem penyimpanan data digital [1]. Penelitian ini merancang alat diagnostik portabel berbasis IoT dengan sensor MAX30102, MLX90614, dan mikrokontroler ESP32 untuk pemantauan *vital sign* secara

real-time melalui database online. Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi untuk mengintegrasikan berbagai parameter kesehatan dalam satu perangkat yang praktis dan terhubung dengan sistem cloud [2]. Alat ini diharapkan meningkatkan efisiensi layanan kesehatan, mendukung pengembangan alat elektromedik, serta memudahkan pengguna dalam memantau kesehatannya secara mandiri.

1.1. Latar Belakang

Tanda vital seperti saturasi oksigen, detak jantung, dan suhu tubuh merupakan indikator primer dalam diagnosis kondisi medis seseorang [3]. Namun, pengukuran tradisional yang masih memakai alat manual seperti termometer dan pulse oximeter memerlukan kontak langsung dan interaksi pengguna, sehingga kerap kurang efisien dalam situasi tertentu [4]. *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pengembangan solusi pemantauan kesehatan jarak jauh secara *real-time* dengan integrasi sensor dan konektivitas internet [5], [6]. Oleh karena itu, perancangan alat diagnostik saku yang portabel dan praktis diharapkan dapat mempercepat ataupun meningkatkan akurasi, dan efisiensi pemantauan kesehatan pasien tanpa mengorbankan kenyamanan pengguna. Penelitian ini mengembangkan alat portabel *diagnostic pocket* berbasis ESP32 dengan sensor MAX30102 dan MLX90614 untuk mengatasi keterbatasan alat konvensional sekaligus menyediakan solusi pemantauan kesehatan berbasis IoT.

1.2. Maksud dan Tujuan

Penelitian ini mengembangkan alat diagnostik portabel berbasis IoT yang memadukan pengukuran SpO₂ menggunakan sensor MAX30102, denyut nadi, dan suhu tubuh non-kontak dengan sensor MLX90614. Studi sebelumnya membuktikan keakuratan sensor-sensor ini dalam pengukuran parameter kesehatan [7] [8]. Perangkat ini memanfaatkan sensor MAX30102 untuk mengukur detak jantung dan saturasi oksigen secara optik melalui metode *photoplethysmography* [3], serta sensor MLX90614 untuk mengukur suhu tubuh tanpa kontak berdasarkan deteksi radiasi inframerah [9]. Mikrokontroler ESP32 berperan sebagai pengolah data dan pengirim informasi ke *cloud*. ESP32 dipilih karena mendukung WiFi terintegrasi, konsumsi daya rendah, serta memiliki kecepatan pemrosesan tinggi, sehingga cocok untuk aplikasi IoT

real-time [10]. Hasil pengukuran ditampilkan secara langsung melalui layar OLED dan dapat diakses secara jarak jauh melalui platform *web*, memungkinkan pemantauan kondisi kesehatan secara *real-time* dan terdokumentasi secara digital. Selain itu, penelitian ini juga melakukan pengujian akurasi perangkat dengan membandingkan hasilnya terhadap alat ukur standar.

1.3. Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian terkait alat pemantauan *vital sign* berbasis IoT telah dilakukan sebelumnya. Arifah et al. (2023) [3] mengembangkan alat *monitoring* SpO₂, BPM, dan suhu tubuh berbasis NodeMCU ESP8266 dengan sensor MAX30102 dan MLX90614. Hasilnya menunjukkan tingkat *error* rendah, yaitu 2,06% untuk BPM, 1,47% untuk SpO₂, dan 0,60% untuk suhu tubuh. Lutfiyah dan Awalita (2022) [9] merancang alat serupa yang juga mengukur kadar gula darah, menggunakan metode *waterfall* dan ESP8266. Pengujian menunjukkan akurasi baik pada BPM, SpO₂, dan suhu, namun *error* cukup besar (6,73%) pada pengukuran gula darah. Sementara itu, Tamam et al. (2024) [6] membangun sistem *monitoring* BPM dan SpO₂ berbasis ESP8266 dan sensor MAX30102, memanfaatkan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) dan *Thingspeak* untuk *monitoring* jarak jauh.

Dibandingkan penelitian tersebut, alat pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang lebih kuat dan efisien, serta mengintegrasikan tiga parameter vital dalam satu perangkat portabel. Keunggulan lainnya adalah kemampuan menampilkan data secara lokal melalui OLED dan secara jarak jauh melalui *website* berbasis *cloud spreadsheet*. Pengujian alat ini menunjukkan akurasi yang kompetitif dengan *error* maksimal 3,4%, menjadikannya solusi *monitoring* kesehatan yang praktis, akurat, dan dapat diakses secara *real-time*.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat signifikan bagi berbagai pihak, terutama dalam meningkatkan aksesibilitas dan efisiensi pemantauan kesehatan. Bagi masyarakat umum, alat ini memungkinkan pemantauan mandiri parameter vital (SpO_2 , denyut jantung, dan suhu tubuh) secara praktis dan akurat dengan *error* maksimal 3.4%. Bagi tenaga medis, integrasi tiga parameter dalam satu perangkat portabel berbasis IoT (menggunakan ESP32, MAX30102, dan MLX90614) menyederhanakan proses pemeriksaan sekaligus memfasilitasi penyimpanan data digital untuk rekam medis. Secara kelembagaan, penelitian ini menawarkan solusi alat diagnostik yang ekonomis namun andal, sekaligus menjadi referensi pengembangan teknologi medis berbasis IoT di Indonesia, khususnya dalam pemanfaatan mikrokontroler ESP32 dan sensor canggih untuk aplikasi kesehatan.

2. Metode Penelitian

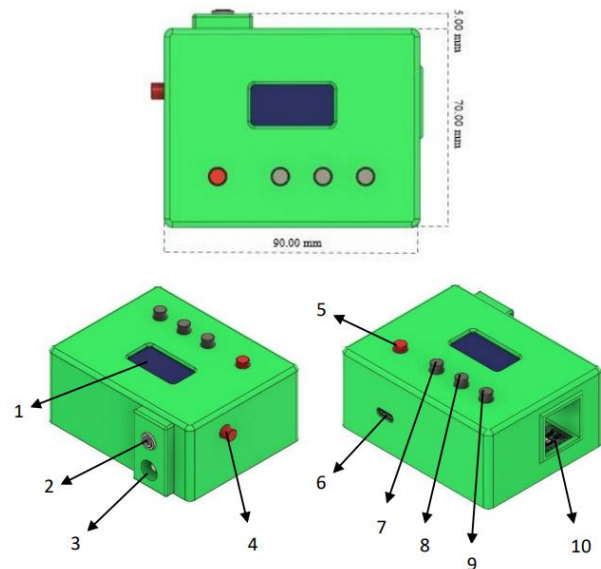
Penelitian ini menggunakan metode terapan dengan tahapan utama berupa perancangan dan pengujian alat. Proses dimulai dengan observasi dan studi literatur untuk memahami teori terkait IoT dan sensor *vital sign*. Tahap berikutnya adalah perancangan alat yang melibatkan perakitan *hardware* menggunakan sensor MAX30102, MLX90614, dan mikrokontroler ESP32, serta pembuatan *software* untuk pengolahan data dan pengiriman ke cloud. Data hasil pengukuran kemudian dikirim ke server berbasis cloud melalui koneksi internet menggunakan modul WiFi pada ESP32.

Setelah alat selesai dirakit, dilakukan uji fungsi alat. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran alat *diagnostic pocket* dengan alat standar yaitu pulse oximeter untuk parameter SpO_2 dan BPM, serta thermogun untuk parameter suhu tubuh. Pengujian bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi alat. Data pengujian dianalisis dengan menghitung persentase *error* antara alat buatan dengan alat standar. Terakhir,

dilakukan analisis data dan evaluasi kinerja alat untuk menilai apakah alat sudah memenuhi kriteria keakuratan dan keandalan yang diharapkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat memiliki tingkat *error* yang kecil, sehingga layak digunakan sebagai alat diagnostik portabel untuk pemantauan *vital sign* secara *real-time* dan jarak jauh.

3. Hasil dan Pembahasan

Diagnostic pocket ini yang ditunjukkan pada Gambar 1 dirancang secara portabel menggunakan beberapa komponen, yaitu: (1) LCD OLED; (2) Sensor MLX90614; (3) Lampu Senter; (4) Tombol Saklar Lampu Senter; (5) Tombol Saklar Alat; (6) Lubang *Charger*; (7) Tombol UP; (8) Tombol DOWN; (9) Tombol *Setting*; (10) Lubang MAX30102.



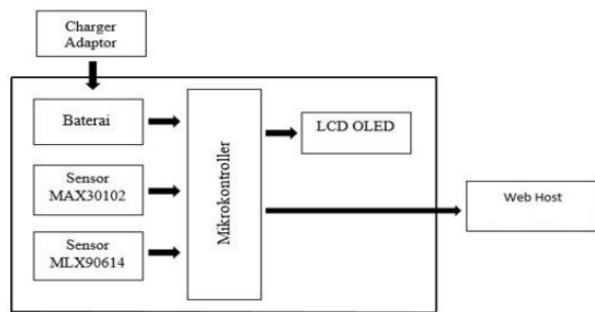
(a) Desain Alat



(b) Bentuk Fisik Alat

Gambar 1. *Diagnostic Pocket*

Diagram blok alat yang ditunjukkan pada Gambar 2 menggambarkan hubungan antar komponen utama yang membentuk sistem *diagnostic pocket*. Kegunaan diagram blok alat dalam sistem *diagnostic pocket* adalah untuk memberikan gambaran umum dan terstruktur mengenai fungsi serta hubungan antar komponen utama dalam sistem.

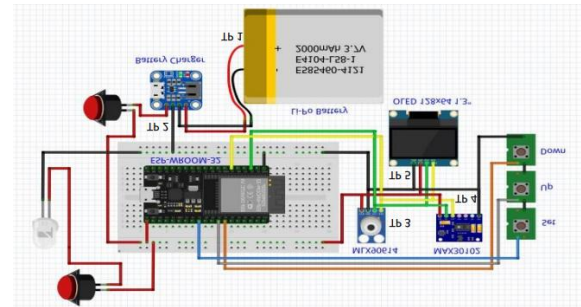


Gambar 2. Diagram blok alat

Berdasarkan Gambar 2, *charger adaptor* mengisi baterai ketika baterai mulai habis. Baterai yang digunakan berdaya 3.7 volt disambungkan ke rangkaian step up yang juga sebagai modul untuk charger baterai, baterai ini akan memberikan daya ke seluruh rangkaian alat, tombol digunakan untuk memilih mode parameter, yaitu SPO2 dan BPM atau suhu tubuh, setelah setingan mode, mikrokontroller akan mengirimkan perintah ke sensor. Ketika jari dimasukkan ke sensor MAX30102 maka sensor MAX30102 akan membaca hasil dari pengukuran SPO2 dan BPM dan hasilnya akan dikirim ke mikrokontroller, sensor suhu akan bekerja jika sensor berada dalam jangkauan pengukuran yaitu antara 1 hingga 3 cm, setelah membaca, sensor akan mengirimkan data ke mikrokontroller untuk diolah dan dikirimkan ke *web host*.

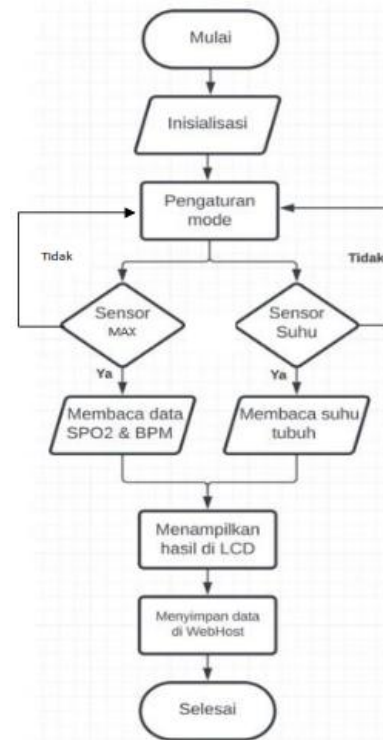
Hubungan fisik antar komponen tersebut dijelaskan lebih detail dalam *wiring diagram*, yang memperlihatkan susunan pin dan jalur koneksi antara sensor, ESP32, layar OLED, dan modul catu daya. *Wiring diagram* pada alat yang dibuat seperti pada Gambar 3 terdapat beberapa rangkaian, yaitu:

(1)Rangkaian catu daya; (2)Rangkaian *Push Button*; (3)Rangkaian ESP32; (4)Rangkaian Sensor MLX90614; (5)Rangkaian Sensor MAX30102; (6)Rangkaian Lampu Senter; dan (7)Rangkaian LCD.



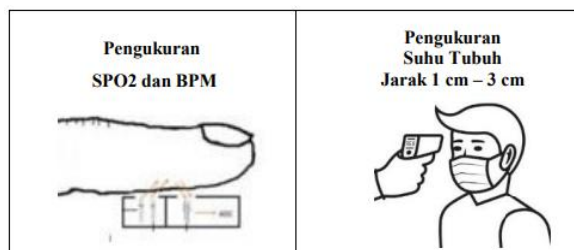
Gambar 3. Wiring Diagram Alat

Setelah perangkat keras dirangkai sesuai *wiring diagram*, alur kerja sistem alat dijelaskan dalam diagram alir pada Gambar 4. Diagram alir tersebut menggambarkan tahapan operasi mulai dari inisialisasi sensor, pembacaan data, pemrosesan data oleh ESP32, penampilan data pada OLED, hingga pengiriman data ke *cloud*.



Gambar 4. Diagram alir sistem

Berdasarkan Gambar 4, sistem alat *diagnostic pocket* dimulai dengan proses inisialisasi yang berfungsi untuk mempersiapkan perangkat dengan mengirimkan sejumlah instruksi awal dan melakukan identifikasi komponen. Setelah itu, alat masuk ke tahap pembacaan data. Jika mode yang dipilih adalah pengukuran SpO₂, maka sensor MAX30102 akan membaca data saturasi oksigen dan detak jantung. Sebaliknya, jika yang dipilih adalah mode suhu tubuh, maka sensor MLX90614 akan membaca data suhu tubuh. Data hasil pembacaan kemudian diproses untuk menghubungkan perangkat ke jaringan WiFi. Setelah koneksi berhasil, data yang sudah dikumpulkan akan dikirimkan ke ESP32 untuk diteruskan ke *web server*. Apabila koneksi ke *web server* berhasil, data SpO₂, BPM, dan suhu tubuh akan dikirimkan secara *online*. Namun jika belum berhasil terhubung ke *web server*, sistem akan mengulangi proses pembacaan data sensor hingga koneksi berhasil. Selain dikirim ke server, hasil pengukuran juga ditampilkan secara lokal melalui layar LCD OLED. Selanjutnya, data yang sudah dikirim akan tersimpan secara otomatis di platform cloud yang diakses melalui *web host*. Setelah semua proses selesai, alat kembali siap untuk melakukan pembacaan data berikutnya. Ketiga diagram ini saling terhubung dan membentuk satu kesatuan yang menggambarkan baik struktur fisik maupun proses kerja sistem alat secara menyeluruh.



Gambar 5. Penggunaan alat sesuai SOP

Penggunaan alat *diagnostic pocket* digambarkan seperti pada Gambar 5. Untuk pengukuran SPO₂ dan BPM, ujung jari tangan

diposisikan tepat pada sensor MAX30102, sedangkan untuk pengukuran suhu tubuh sensor MLX90614 yang ada di alat *diagnostic pocket* diarahkan pada dahi pasien dengan jarak 1 cm sampai 3 cm. Pengujian *diagnostic pocket* berbasis *Internet of Things* dilakukan dengan membandingkan hasil pengukurannya terhadap alat standar, yaitu *pulse oximeter* dan *thermogun*. Pengujian ini menggunakan sampel sebanyak lima orang dengan variasi usia dan jenis kelamin yang berbeda. Setiap parameter vital, yaitu saturasi oksigen (SpO₂), detak jantung (BPM), dan suhu tubuh, diukur secara bersamaan menggunakan *diagnostic pocket* dan alat pembanding (*pulse oximeter* untuk SpO₂ dan BPM, serta *thermogun* untuk suhu tubuh). Setiap pengukuran dilakukan sebanyak lima kali untuk memastikan konsistensi hasil. Hasil perbandingan dari pengujian tersebut disajikan secara visual pada Gambar 6 dan Gambar 7, serta secara detail dalam Tabel 1 hingga Tabel 3.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Uji Fungsi SpO₂

No	Nama	Umur	Gender	SPO2 (%)		
				Alat	Oxi meter	Error
1	Andy	21 th	L	99	98	1
2	Sofi	45 th	P	96	98	2
3	Rani	31 th	P	95	97	2
4	Adam	21 th	L	96	97	1
5	Fahriz	21 th	L	97	98	1

Tabel 2. Hasil Pengukuran Uji Fungsi BPM

No	Nama	Umur	Gender	BPM (%)		
				Alat	Oxi meter	Error
1	Andy	21 th	L	88	88	0
2	Sofi	45 th	P	84	86	2,3
3	Rani	31 th	P	70	72	2,7
4	Adam	21 th	L	86	88	2,2
5	Fahriz	21 th	L	84	87	3,4

Tabel 1 menampilkan hasil pengujian *diagnostic pocket* untuk mengukur saturasi oksigen (SpO₂) pada lima responden dengan rentang usia dan jenis kelamin yang berbeda. Hasil pengukuran dibandingkan dengan *pulse oximeter* standar untuk melihat tingkat

keakuratannya. Berdasarkan tabel, perbedaan antara alat dengan oximeter cukup kecil, dengan *error* berkisar antara 1% hingga 2%. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian detak jantung (BPM) menggunakan *diagnostic pocket* yang dibandingkan dengan *pulse oximeter* standar. Pengukuran dilakukan pada lima responden yang sama dengan pengujian SpO₂. Dari data yang ditampilkan, alat menghasilkan *error* antara 0 hingga 3,4%, menunjukkan akurasi yang cukup baik untuk pemantauan detak jantung secara *real-time*.



Gambar 6. Uji SpO₂ dan BPM

Gambar 6 memperlihatkan perbandingan hasil pengukuran antara *diagnostic pocket* berbasis *Internet of Things* (sebelah kiri) dengan alat *pulse oximeter* standar (sebelah kanan). Kedua alat menunjukkan nilai saturasi oksigen dan detak jantung yang serupa, menunjukkan bahwa *diagnostic pocket* memiliki tingkat akurasi yang mendekati alat standar dalam membaca parameter vital tubuh.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Uji Fungsi Suhu

No	Nama	Umur	Gender	Suhu (°C)		
				Alat	Termo	Error
1	Andy	21 th	L	36,1	36,1	0
2	Sofi	45 th	P	35,8	36,1	0,8
3	Rani	31 th	P	35,5	35,9	1,1
4	Adam	21 th	L	36,1	36,3	0,5
5	Fahriz	21 th	L	35,3	36,3	2,7

Tabel 3 menyajikan hasil pengujian suhu tubuh menggunakan sensor MLX90614 pada *diagnostic pocket*. Hasil pengukuran dibandingkan dengan *thermogun* standar untuk validasi. Berdasarkan data, error yang dihasilkan berkisar antara 0 hingga 2,7%,

sehingga alat ini dinilai cukup akurat dalam memantau suhu tubuh secara non-kontak.



Gambar 7. Uji Suhu Tubuh

Gambar 7 menunjukkan proses pengujian suhu tubuh menggunakan alat *diagnostik pocket* berbasis IoT (sebelah kiri) dan *thermogun* sebagai alat standar pembanding (sebelah kanan). Kedua alat digunakan secara bersamaan pada bagian dahi subjek untuk memastikan keakuratan pembacaan suhu tubuh. Hasil pengukuran dari kedua alat menunjukkan angka yang hampir sama, menandakan bahwa *diagnostic pocket* mampu memberikan hasil pengukuran suhu yang akurat dan dapat diandalkan.

Hasil pembacaan sensor yang berupa suhu tubuh, saturasi oksigen (SpO₂), dan detak jantung (BPM) pertama kali ditampilkan secara *real-time* di layar OLED yang terpasang pada *diagnostic pocket*. Selanjutnya, data yang telah diproses oleh mikrokontroler ESP32 akan dikirim secara otomatis melalui koneksi WiFi menuju *WebApp* berbasis *cloud*. Data yang terkirim tersebut kemudian tersimpan secara otomatis dalam *spreadsheet online* seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Pada tampilan *spreadsheet*, data hasil pembacaan ditampilkan secara terstruktur meliputi nama, jenis kelamin, usia, tanggal, jam pengukuran, suhu tubuh, SpO₂, dan BPM. Hal ini memudahkan pengguna untuk memantau riwayat pengukuran secara

jarak jauh dan terdokumentasi dengan baik.

DATA PEMBACAAN DIAGNOSTIK POCKET							
Nama	Jenis Kelamin	Umur	Tanggal	Jam	Temperature	SPO2	BPM
Ihsan Fahmi	Laki-Laki	22	21-05-2024	1:04:32	35.1	99	88

Gambar 8. Tampilan hasil WebApp

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, *diagnostic pocket* berbasis IoT ini berhasil memantau tiga parameter vital tubuh, yaitu SpO₂, BPM, dan suhu tubuh secara *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan tingkat *error* yang rendah, berkisar antara 0% hingga 3,4%, yang menunjukkan akurasi alat cukup baik jika dibandingkan dengan alat standar *pulse oximeter* dan *thermogun*. Data hasil pengukuran dapat ditampilkan secara lokal melalui OLED dan disimpan ke *cloud database* secara otomatis, sehingga mendukung pemantauan kesehatan jarak jauh. Alat ini efektif digunakan sebagai perangkat portabel untuk pemantauan kesehatan secara mandiri maupun klinis.

5. Daftar Pustaka

- [1] Saputro, M.A., et al. (2017). Implementasi Sistem *Monitoring* Detak Jantung dan Suhu Tubuh Secara *Wireless*. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(2), 148-156.
- [2] Pradana, P.G.A., et al. (2019). Perancangan Alat Ukur Saturasi Oksigen dalam Darah Tampil LCD Grafik. *Jurnal Teknik Elektromedik*, 7(1), 45-52.
- [3] A. G. Arifah, A. N. Costrada, dan H. Harmadi, "Inovasi *Pulse Oximeter* dengan Sumber Cahaya LED Merah dan Inframerah yang dilengkapi Suhu Tubuh Menggunakan Sensor MLX90614 Berbasis IoT," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 12, no. 2, pp. 199–205, 2023.
- [4] M. A. Adrian, M. R. Widiarto, dan R. S. Kusumadiarti, "Health Monitoring System dengan Indikator Suhu Tubuh, Detak Jantung dan Saturasi Oksigen Berbasis *Internet of Things* (IoT)," *Petik: J. Pendidikan Teknol. Inf. dan Komunikasi*, vol. 7, no. 2, hlm. 108–118, 2021.
- [5] A. Alamsyah, T. S. Solli, dan C. S., "Sistem monitoring suhu tubuh, detak jantung dan saturasi oksigen berbasis web server," *Techno.Com*, vol. 24, no. 2, Mei 2025.
- [6] M. T. Tamam, I. H. Kurniawan, dan A. Kusumawati, "Sistem pemantau detak jantung dan saturasi oksigen dalam darah (SpO₂) berbasis IoT," *Techno J. Fakultas Teknik UMP*, vol. 24, no. 2, 2024.
- [7] Linawati. (2020). Pemodelan Alat Pengukuran Saturasi Oksigen dalam Darah (SpO₂) dan *Heart Rate* (BPM) Berbasis *Internet of Things*. *Jurnal Elektromedik*, 12(2), 89-97.
- [8] Nugroho, C.R. (2019). Alat Ukur Saturasi Oksigen dalam Darah Menggunakan Metode PPG *Reflectance* pada Sensor MAX30100. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 15(3), 112-120.
- [9] L. Lutfiyah dan Y. Awalia, "Pengembangan alat monitoring kesehatan berbasis IoT," *Petik*, vol. 7, no. 2, pp. 108–118, 2022.
- [10] W. D. Prasetya, M. Faridha, dan S. Karim, "Perancangan alat pengukur suhu tubuh, detak jantung, dan oksigen darah dengan mikrokontroler ESP32 berbasis web IoT," *Prosiding SainsTeKes*, vol. 2, pp. 44–57, 2021.