Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (2) 2026, Page: 35440-35452

MONITORING DETAK JANTUNG DAN KADAR OKSIGEN BERBASIS IOT

Alief Ahmad Alghaffaru[1], Erik Agustian Yulanda[2], Joko Tri Susilo[3]

[1,2,3] Universitas Pamulang

*Email: aliefahmad2308@gmail.com, dosen02636@unpam.ac.id, dosen02659@unpam.ac.id
Corresponding Author: Alief Ahmad Alghaffaru, aliefahmad2308@gmail.com

Published: Juni, 2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring detak jantung dan SpO_2 berbasis IoT menggunakan sensor MAX30102 dan mikrokontroler ESP8266. Sistem dirancang untuk menampilkan data hasil pengukuran melalui layar OLED LCD dan web *local host* berbasis XAMPP. Data dikirimkan secara periodik setiap 1 detik melalui jaringan WiFi dan disimpan ke dalam *database* MySQL. Pengujian sistem meliputi uji latensi, akurasi, dan presisi untuk mengetahui kinerja alat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara stabil dengan rata-rata latensi pengiriman data sebesar 1,35 detik. Uji akurasi detak jantung (BPM) dibandingkan dengan alat medis standar (*pulse oximeter*) pada 10 subjek penelitian menghasilkan nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0 BPM, yang menunjukkan tingkat akurasi 100%, sedangkan hasil pengukuran SpO_2 menunjukkan kesesuaian dengan alat acuan tanpa perbedaan yang signifikan. Uji presisi dilakukan dengan pengambilan data berulang sebanyak 20 kali pada subjek yang sama. Hasil perhitungan menunjukkan nilai rata-rata detak jantung sebesar 94,95 BPM dengan simpangan baku 0,77 BPM, serta nilai rata-rata SpO_2 sebesar 98,65% dengan simpangan baku 0,73%. Nilai simpangan baku yang kecil menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat presisi yang baik dan hasil pengukuran yang stabil. Berdasarkan hasil penelitian, sistem monitoring detak jantung dan kadar oksigen berbasis IoT yang dirancang mampu berfungsi dengan baik sebagai alat pemantauan kesehatan dasar secara *real-time* dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk aplikasi kesehatan lainnya.

Kata Kunci: *Internet of Things*, ESP8266, MAX30102, Detak Jantung, SpO_2

ABSTRACT

This study aims to design and implement an IoT-based heart rate and SpO_2 monitoring system using the MAX30102 sensor and the ESP8266 microcontroller. The system is designed to display measurement data on an OLED LCD and a local host web interface based on XAMPP. Data are transmitted periodically every 1 second via a WiFi network and stored in a MySQL database. System performance is evaluated through latency, accuracy, and precision tests. The results show that the system operates stably with an average data transmission latency of 1.35 seconds. The accuracy test of heart rate (BPM) compared with a standard medical pulse oximeter on 10 research subjects produces a Mean Absolute Error (MAE) of 0 BPM, indicating 100% accuracy, while the SpO_2 measurement results show good agreement with the reference device without significant differences. The precision test is conducted by repeatedly collecting data 20 times from the same subject. The results show an average heart rate of 94.95 BPM with a standard deviation of 0.77 BPM, and an average SpO_2 value of 98.65% with a standard deviation of 0.73%. The small standard deviation values indicate that the system has good precision and stable measurement results. Based on these results, the proposed IoT-based heart rate and blood oxygen monitoring system is able to operate in real time with low latency, high accuracy, and good precision, and can be used as a basic health monitoring tool and further developed for broader health care applications.

Keywords: *Internet of Things, ESP8266, MAX30102, Heart Rate, SpO_2*

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Kesehatan jantung dan kadar oksigen dalam darah merupakan parameter vital yang penting untuk mengetahui kondisi kesehatan seseorang. Menurut Rosima & Suwardoyo (2022), pemantauan

detak jantung dan kadar oksigen sangat diperlukan untuk mendeteksi gangguan kesehatan sejak dini. Detak jantung yang tidak normal dapat menjadi tanda adanya gangguan fungsi jantung, sedangkan kadar oksigen yang rendah menunjukkan adanya masalah pada sistem pernapasan (Pratama et al., 2024). Aprilia & Sollu (2021) menjelaskan bahwa pemantauan rutin terhadap kedua parameter tersebut penting dilakukan agar tindakan penanganan dapat dilakukan sebelum kondisi pasien memburuk.

Kadar oksigen normal dalam darah berada pada kisaran 95%–100%. Menurut Martins et al. (2022), kadar oksigen di bawah 95% tergolong abnormal, sedangkan kadar di bawah 90% disebut hipoksemia dan memerlukan penanganan medis segera. Kadar oksigen di bawah 80% dapat mengganggu fungsi organ vital seperti otak dan jantung, sementara kadar di bawah 70% dapat menyebabkan hilangnya kesadaran dan kegagalan organ. Pada lansia, Kuspranoto et al. (2022) menyatakan bahwa kadar oksigen yang masih dapat diterima berada pada kisaran 92%–95% karena adanya perubahan fisiologis akibat pertambahan usia. Selain kadar oksigen, detak jantung juga menjadi indikator penting kondisi kesehatan. Martins et al. (2022) menjelaskan bahwa detak jantung normal orang dewasa saat istirahat berkisar antara 60–100 BPM, sedangkan atlet dapat memiliki detak jantung lebih rendah, yaitu sekitar 40–60 BPM karena efisiensi kerja jantung yang lebih baik. Gunawan (2023) menyebutkan bahwa anak-anak memiliki detak jantung lebih tinggi, yaitu sekitar 70–120 BPM, sedangkan pada lansia detak jantung cenderung melambat akibat penurunan fungsi kardiovaskular. Kuspranoto et al. (2022) juga menjelaskan bahwa kondisi takikardia dan bradikardia dapat menjadi indikasi gangguan kesehatan seperti aritmia dan penyakit jantung lainnya.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan peluang baru dalam bidang kesehatan melalui sistem monitoring yang dapat terhubung melalui internet. Ramadhan (2021) menjelaskan bahwa perangkat medis berbasis IoT memungkinkan proses pemantauan kesehatan dilakukan secara lebih efektif dan berkelanjutan. Rosima & Suwardoyo (2022) menyatakan bahwa sistem monitoring berbasis IoT memudahkan tenaga medis dalam mengakses data kesehatan pasien kapan saja. Salah satu teknologi yang digunakan adalah sensor MAX30102 yang mampu mengukur detak jantung dan kadar oksigen dalam darah (Pratama et al., 2024). Menurut Aprilia & Sollu (2021), sensor MAX30102 bekerja menggunakan sifat optik hemoglobin dalam darah untuk mendeteksi perubahan volume darah sesuai denyut jantung. Data hasil pengukuran kemudian dikirim ke *local host* sehingga pengguna dapat memantau kondisi kesehatannya secara mandiri.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring kesehatan berbasis IoT. Pratama et al. (2024) mengembangkan aplikasi mobile berbasis IoT menggunakan ESP32 untuk monitoring detak jantung, saturasi oksigen, dan suhu tubuh. Aprilia & Sollu (2021) merancang sistem monitoring *real-time* detak jantung dan kadar oksigen berbasis IoT dengan tampilan digital, sedangkan Gunawan (2023) mengembangkan sistem monitoring menggunakan sensor MAX30102 sebagai komponen utama. Penelitian lain oleh Kuspranoto et al. (2022) mengembangkan sistem monitoring berbasis Android untuk memantau detak jantung dan kadar oksigen.

Meskipun demikian, penelitian-penelitian sebelumnya masih memiliki beberapa keterbatasan. Sebagian besar sistem masih bergantung pada server *cloud* dan koneksi internet sehingga sistem kurang optimal apabila jaringan terganggu. Selain itu, beberapa penelitian hanya menyediakan satu media tampilan data sehingga pemantauan menjadi kurang fleksibel. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem monitoring detak jantung dan kadar oksigen berbasis IoT yang dapat bekerja secara mandiri menggunakan *server local*. Sistem dirancang menggunakan sensor MAX30102 dan mikrokontroler ESP8266 dengan tampilan OLED LCD dan *web local host* berbasis XAMPP sehingga data dapat dipantau secara langsung dan lebih andal tanpa bergantung sepenuhnya pada koneksi internet..

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini bertujuan untuk: (1) Merancang sistem monitoring detak jantung dan kadar oksigen berbasis IoT. (2) Menampilkan data detak jantung dan kadar oksigen secara *real-time*. (3) Mengetahui kinerja sistem berdasarkan hasil pengujian.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode rekayasa (*engineering research*) yang berfokus pada perancangan, pembangunan, dan pengujian sistem monitoring detak jantung serta kadar oksigen dalam darah berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor MAX30102 dan mikrokontroler

ESP8266. Penelitian diawali dengan tahap pengamatan langsung untuk mengetahui kondisi nyata di lapangan serta mengidentifikasi permasalahan yang akan diselesaikan melalui sistem yang dibuat. Setelah kebutuhan penelitian diketahui, dilakukan pengadaan komponen yang diperlukan sebagai bahan dasar pembuatan alat. Tahap berikutnya adalah perancangan sistem *hardware* dan *software* yang meliputi pembuatan diagram blok, rangkaian alat, serta pemrograman menggunakan Arduino IDE. Komponen yang telah diperoleh kemudian dirakit dan diprogram sehingga membentuk sebuah prototipe sesuai tujuan penelitian. Setelah proses implementasi selesai, dilakukan pengujian awal untuk memastikan sistem dapat berjalan dengan baik. Jika alat belum berfungsi sesuai harapan, maka dilakukan perancangan ulang hingga sistem dapat bekerja secara optimal. Sebaliknya, apabila alat telah berfungsi dengan baik, penelitian dilanjutkan ke tahap pengambilan data dan analisis data untuk mengetahui kinerja serta kestabilan sistem. Tahap akhir penelitian dilakukan dengan menyusun kesimpulan berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa komponen utama yang mendukung proses perancangan sistem. Laptop DELL dengan spesifikasi Intel i5 Generasi 8 dan NVIDIA GeForce 130MX digunakan untuk menjalankan aplikasi Arduino IDE dalam proses pemrograman sistem. NodeMCU ESP8266 digunakan sebagai mikrokontroler utama yang berfungsi menghubungkan sensor dengan jaringan internet. Sensor MAX30102 digunakan untuk mengukur detak jantung (*beats per minute*/*BPM*) dan kadar oksigen dalam darah (SpO_2) secara non-invasif menggunakan LED inframerah, LED merah, dan *photodetector*. OLED LCD berukuran 0,96 inci dengan resolusi 128 × 64 piksel digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran secara langsung kepada pengguna. Selain itu, digunakan modul *step down* MP1584 untuk menurunkan tegangan menjadi 5V dan adaptor 12V 2A sebagai sumber daya utama sistem.

Diagram blok sistem menunjukkan bahwa sensor MAX30102 berfungsi mendeteksi detak jantung dan kadar oksigen dalam darah, kemudian data hasil pembacaan dikirimkan ke ESP8266 untuk diproses. Mikrokontroler ESP8266 bertugas mengolah data sensor menjadi informasi BPM dan SpO_2 yang dapat dipahami pengguna. Hasil pengolahan tersebut ditampilkan secara lokal melalui OLED LCD agar dapat dipantau secara langsung. Selain itu, ESP8266 juga terhubung ke *web local server* melalui koneksi WiFi sehingga data dapat dikirim dan ditampilkan secara *real-time* melalui komputer atau laptop. Sistem ini dirancang sebagai sistem monitoring kesehatan berbasis IoT yang mampu memberikan informasi secara cepat dan efisien.

Perancangan alat dilakukan dengan menghubungkan NodeMCU ESP8266, sensor MAX30102, dan OLED menggunakan komunikasi I2C. NodeMCU memberikan suplai daya ke sensor dan OLED melalui pin 3V3 dan GND. Sensor MAX30102 membaca detak jantung serta kadar oksigen dalam darah, kemudian data mentah dikirim ke NodeMCU melalui jalur komunikasi I2C menggunakan pin SCL dan SDA. Pada rangkaian OLED, pin VCC dihubungkan ke 3V3 NodeMCU dan pin GND dihubungkan ke GND NodeMCU. Sementara itu, pin SCL dan SDA pada OLED dihubungkan ke pin D1 (GPIO5) dan D2 (GPIO4) NodeMCU. Pengkabelan pada sensor MAX30102 juga dilakukan dengan cara yang sama, yaitu pin VIN dihubungkan ke 3V3, pin GND ke GND, pin SCL ke D1 (GPIO5), dan pin SDA ke D2 (GPIO4). Setelah data diproses oleh NodeMCU, hasil pengukuran BPM dan SpO_2 ditampilkan pada layar OLED dan dikirim ke *web local server* sehingga pengguna dapat memantau kondisi kesehatan secara langsung dan *real-time*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Alat

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa perangkat sistem monitoring detak jantung dan kadar oksigen dalam darah (SpO_2) berbasis IoT dapat berfungsi sesuai dengan perancangan. Proses pengujian diawali dengan menyalakan perangkat menggunakan adaptor listrik yang terhubung ke stop kontak. Setelah perangkat aktif, jari diletakkan pada sensor yang terdapat pada penjepit sehingga modul MAX30102 dapat membaca sinyal denyut nadi dan kadar oksigen darah. Hasil pembacaan ditampilkan secara *real-time* pada layar OLED dan juga dikirimkan melalui jaringan WiFi menuju *server local* (XAMPP) yang dapat diakses melalui laptop.

Pada tahap pengujian ini diperhatikan apakah seluruh komponen berfungsi dengan baik, meliputi:

1. Pengujian esp8266
2. Pengujain Sensor max30102
3. Pengujian OLED LCD
4. Pengujian Daya
5. Pengujian *web Local Host*

Pengujian Esp8266

Pengujian ESP8266 dilakukan untuk memastikan bahwa mikrokontroler berfungsi dengan baik dan dapat menjalankan instruksi pemrograman. Dalam tahap ini, ESP8266 diprogram menggunakan Arduino IDE dengan skrip sederhana untuk mengaktifkan LED *internal* secara berkedip (*blinking*). Hal ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa proses upload program berhasil dan ESP8266 merespons instruksi digital *output*. Berikut adalah langkah-langkah pengujian yang dilakukan:

1. Menyambungkan ESP8266 ke komputer melalui kabel USB.
2. Mengatur *board* pada Arduino IDE ke 'NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module)'.
3. Menulis dan mengunggah program blinking LED ke mikrokontroler.
4. Mengamati LED biru pada board menyala dan mati secara berkala sebagai indikasi program berjalan dengan baik.

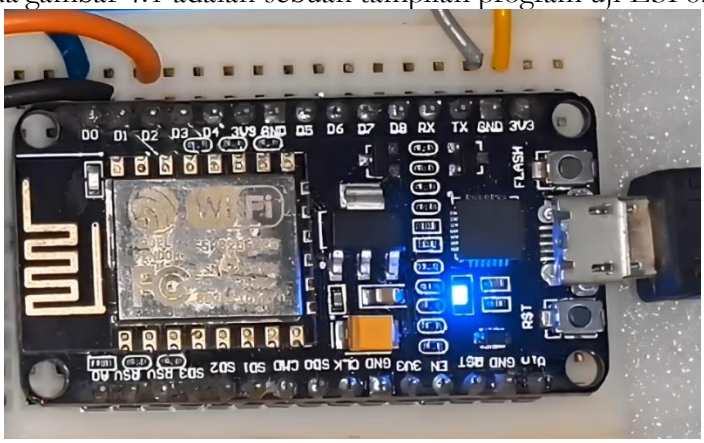
Pengujian berhasil dilakukan ketika LED pada board ESP8266 berkedip sesuai dengan program, yang menandakan bahwa mikrokontroler dapat menerima dan menjalankan perintah dari software pemrograman.

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);          // Mulai komunikasi serial
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);  // LED internal
  Serial.println();
  Serial.println("ESP8266 BERFUNGSI NORMAL!");
}

void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);   // LED ON
  Serial.println("LED ON");
  delay(1000);
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);  // LED OFF
  Serial.println("LED OFF");
  delay(1000);
}
```

Gambar 1. Arduino IDE esp8266

Pada gambar 4.1 adalah sebuah tampilan program uji ESP8266 pada arduino ide.



Gambar 2. Tampilan esp8266

Pada gambar 2 adalah sebuah tampilan esp8266 yang telah dinyalakan.

Pengujian OLED LCD

Pengujian OLED LCD dilakukan untuk memastikan bahwa layar mampu menampilkan data keluaran dari mikrokontroler. Dalam hal ini, OLED digunakan untuk menampilkan informasi detak jantung (*Heart Rate*) dan kadar oksigen dalam darah (SpO2). Pengujian dilakukan dengan menjalankan

program pada ESP8266 yang mengirimkan data ke layar OLED. Berikut adalah langkah–langkah pengujian yang dilakukan:

1. Menghubungkan OLED ke ESP8266 melalui komunikasi I2C (SDA dan SCL).
2. Menjalankan program yang menampilkan teks pada layar OLED.
3. Mengamati tampilan teks yang muncul pada layar sebagai tanda bahwa komunikasi dan fungsi layar bekerja dengan baik.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266HTTPClient.h>
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include "MAX30105.h"
#include "spo2_algorithm.h"

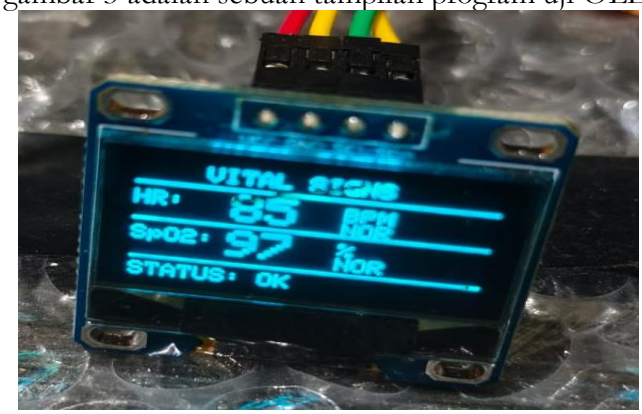
// ==================== WiFi ====================
const char* ssid = "SKRIPSI";
const char* password = "123BPMSP02";
const char* serverName = "http://10.27.225.14/esp_monitor/api.php";

// ==================== OLED ====================
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET -1
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);

// ==================== MAX30102 ====================
MAX30105 particleSensor;
#define BUFFER_SIZE 100
uint32_t irBuffer[BUFFER_SIZE];
uint32_t redBuffer[BUFFER_SIZE];
int bufferLength;
```

Gambar 3. Arduino IDE OLED

Pada gambar 3 adalah sebuah tampilan program uji OLED pada arduino ide.

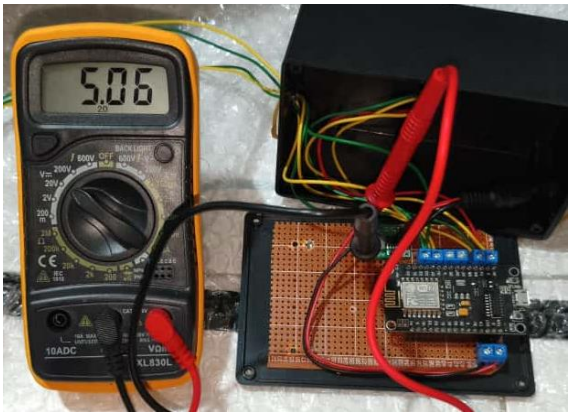


Gambar 4. Tampilan OLED

Pada gambar 4 adalah sebuah tampilan Oled yang telah dieksekusi dan menampilkan data yang sudah dikirimkan.

Pengujian Daya

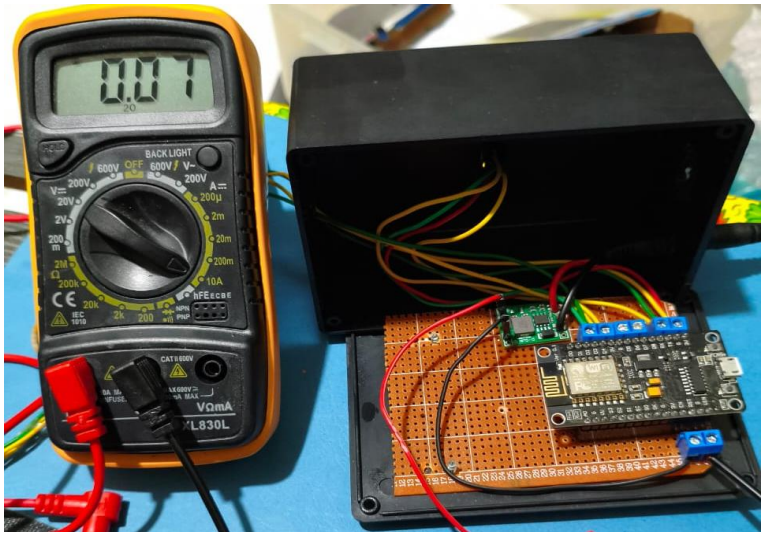
Pengujian daya dilakukan untuk memastikan bahwa rangkaian sistem monitoring detak jantung dan kadar oksigen berbasis ESP8266 dapat menerima suplai listrik dengan stabil serta bekerja dalam batas aman. Pengujian ini meliputi pengukuran tegangan keluaran dari modul step-down MP1584 serta pengukuran arus kerja rangkaian selama sistem beroperasi.



Gambar 5. Cek Tegangan

Pada gambar 5 menunjukkan hasil pengukuran tegangan pada rangkaian dengan menggunakan multimeter. Hasil pengukuran menunjukkan nilai sebesar 5,06 V, yang berarti tegangan berada dalam kondisi stabil dan sesuai dengan kebutuhan sistem. Tegangan ini kemudian diturunkan menjadi 3,3 V oleh regulator internal pada ESP8266 untuk menyuplai mikrokontroler serta sensor MAX30102.

Selanjutnya dilakukan pengujian arus dengan menghubungkan multimeter secara seri pada jalur positif rangkaian untuk mengetahui konsumsi arus selama perangkat bekerja.



Gambar 6. Cek Arus

Pada gambar 6 multiteseter menunjukkan konsumsi arus sebesar 0,07 A (70 mA). Setelah selesai melakukan pengukuran maka akan dilakukan perbandingan dengan 2 kondisi.

Tabel 1. Hasil Pengukuran

No	Kondisi	V	A	W
1	tidak mengirim data	5,05	0,06	0,303
2	mengirim data	5,06	0,07	0,354

Berdasarkan data pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa konsumsi arus dan daya meningkat saat sistem melakukan pengiriman data ke web. Hal ini disebabkan oleh aktivitas WiFi pada modul ESP8266 yang membutuhkan arus lebih besar dibandingkan saat sistem tidak melakukan transmisi data.

Daya sistem dihitung menggunakan persamaan pada 2.1 yaitu:

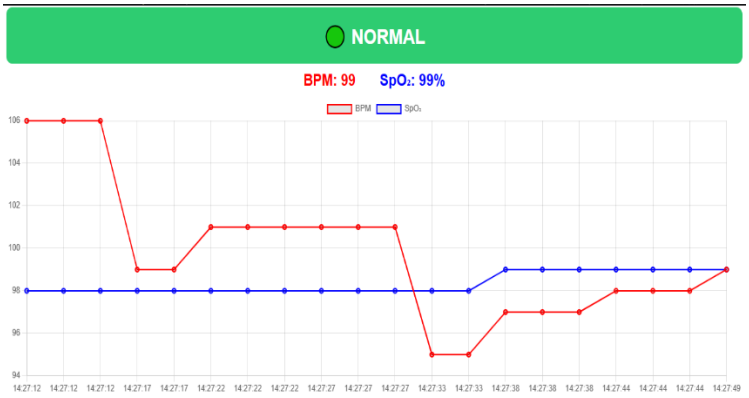
$$P = V \times I$$

$$P = 5,06 \times 0,07 = 0,354W$$

Nilai daya tersebut tergolong rendah dan masih berada dalam batas aman untuk pengoperasian modul ESP8266, sensor MAX30102, serta modul *step-down* MP1584. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem bekerja secara efisien dan stabil pada kedua kondisi pengujian.

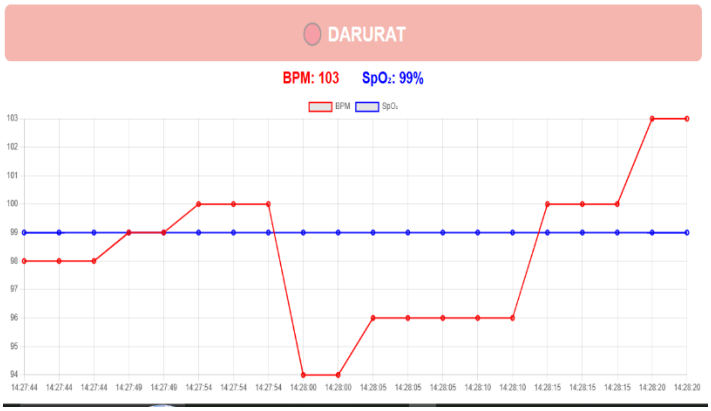
Pengujian web *Local Host*

Pengujian selanjutnya dilakukan pada sistem monitoring berbasis web yang dijalankan melalui XAMPP dengan alamat *local host*. Tujuan dari pengujian ini adalah memastikan bahwa data hasil pembacaan detak jantung dan kadar oksigen dalam darah dapat ditampilkan secara *real-time* melalui antarmuka web.



Gambar 7. Web *local Host* status normal

Pada Gambar 7 web local host menampilkan data BPM dan SpO_2 secara *real-time* dengan pembaruan setiap 1 detik sesuai interval pengiriman dari ESP8266. Jika terjadi keterlambatan akibat jaringan atau server, data tetap dikirim secara berulang, sehingga pembaruan terbaru akan ditampilkan pada siklus berikutnya. Mekanisme ini memungkinkan sistem melakukan evaluasi kondisi pengguna yang selanjutnya ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 8. Web *Local Host* status darurat

Pada Gambar 8 sistem secara otomatis mengubah status menjadi DARURAT yang ditandai dengan perubahan warna indikator pada tampilan web. Perubahan status ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya menampilkan data hasil pengukuran, tetapi juga mampu melakukan evaluasi kondisi berdasarkan nilai ambang batas yang telah ditentukan sebelumnya.

Selain menampilkan data secara real-time, sistem juga diuji dari sisi pencatatan data.

Data Log

Waktu	BPM	SpO_2	Status
14:28:41	98	99	NORMAL
14:28:41	98	99	NORMAL
14:28:36	98	99	NORMAL
14:28:36	98	99	NORMAL
14:28:36	98	99	NORMAL
14:28:31	98	99	NORMAL
14:28:31	98	99	NORMAL
14:28:26	**101**	**99**	**BAHAYA**
14:28:26	**101**	**99**	**BAHAYA**
14:28:26	**101**	**99**	**BAHAYA**
14:28:20	**103**	**99**	**BAHAYA**
14:28:20	**103**	**99**	**BAHAYA**
14:28:20	**103**	**99**	**BAHAYA**

Gambar 9. Web *Local Host* data log

Pada gambar 9 web *local host* berhasil menyimpan data hasil pengukuran ke dalam *database* dalam bentuk log yang mencakup waktu pengukuran, nilai BPM, nilai SpO_2, dan status kondisi. *Data log* ini memungkinkan pengguna maupun peneliti untuk melakukan evaluasi dan analisis lanjutan terhadap perubahan kondisi pengguna dalam rentang waktu tertentu.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem web *local host* berbasis XAMPP telah berfungsi dengan baik dalam menampilkan, mengklasifikasikan, dan menyimpan data detak jantung serta kadar oksigen dalam darah secara *real-time*. Sistem mampu memberikan informasi kondisi NORMAL maupun DARURAT secara responsif, sehingga mendukung fungsi monitoring dan peringatan dini pada sistem pemantauan kesehatan berbasis IoT.

Pengambilan Data

Pada tahap ini dilakukan proses pengambilan data dari sistem monitoring detak jantung dan kadar oksigen berbasis IoT. Data yang diambil berupa hasil pengukuran sensor MAX301002 yang ditampilkan melalui layar LCD OLED serta dikirimkan ke server lokal untuk disimpan dalam basis data.

Pengambilan data ini bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem secara menyeluruh melalui beberapa jenis pengujian, yaitu uji latensi, uji akurasi, dan uji presisi.

Uji Latensi

Uji latensi dilakukan untuk mengetahui waktu tunda (*delay*) pengiriman data dari sensor MAX30102 yang diproses oleh ESP8266 hingga data tersebut ditampilkan pada OLED LCD dan diterima oleh server *local host* berbasis XAMPP. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sistem mampu bekerja secara *real-time* tanpa keterlambatan yang signifikan. Pada pengujian ini, dilakukan pengamatan terhadap selisih waktu antara data yang muncul pada tampilan OLED dan waktu data diterima serta tersimpan pada server.

Tabel 2. Uji Latensi

No	BPM	SpO2	Waktu OLED	Waktu Server
1	93	99	21:23:01.971	21:23:02.000
2	93	99	21:23:06.970	21:23:07.000
3	94	99	21:23:11.968	21:23:12.000
4	93	99	21:23:16.971	21:23:17.000
5	91	99	21:23:21.968	21:23:22.000
6	92	97	21:23:26.973	21:23:27.000
7	93	98	21:23:31.972	21:23:32.000
8	90	99	21:23:36.971	21:23:37.000
9	91	97	21:23:41.970	21:23:42.000
10	92	98	21:23:46.969	21:23:47.000
11	93	99	21:23:51.968	21:23:52.000
12	90	97	21:23:56.973	21:23:57.000
13	91	98	21:24:01.972	21:24:02.000
14	92	99	21:24:06.971	21:24:07.000
15	93	97	21:24:11.970	21:24:12.000
16	90	98	21:24:16.969	21:24:17.000
17	91	99	21:24:21.968	21:24:22.000
18	92	97	21:24:26.973	21:24:27.000
19	93	98	21:24:31.972	21:24:32.000
20	90	99	21:24:36.971	21:24:37.000

Pada tabel 2 diperoleh hasil bahwa latensi sistem berada pada rentang 1 hingga 2 detik. Dari total 20 kali pengujian, sebanyak 13 data menunjukkan latensi 1 detik dan 7 data menunjukkan latensi 2 detik. Perhitungan rata-rata latensi menghasilkan nilai sebesar 1,35 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem memiliki waktu respons yang cepat dan stabil, sehingga masih tergolong baik untuk aplikasi monitoring kesehatan berbasis IoT yang membutuhkan pembaruan data secara kontinu dan *real-time*. Seperti persamaan yang ada di 2.2, yaitu:

1. Jumlah nilai 1 detik = 13 kali
2. Jumlah nilai 2 detik = 7 kali
3. Jumlah data = (n = 20)

Total latensi $= \mathbf{(13 \times 1) + (7 \times 2) = 13 + 14 = 27\ detik}$

Rata – rata $= \frac{\mathbf{27}}{\mathbf{20}} = \mathbf{1.35\ detik}$

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem memiliki rata-rata latensi 1,35 detik, yang menunjukkan bahwa proses pengiriman data dari ESP8266 ke server lokal berlangsung cukup cepat dan stabil. Nilai latensi ini masih tergolong baik untuk aplikasi monitoring IoT, karena perubahan nilai sensor dapat diterima server dalam waktu yang relatif singkat.

Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian hasil pengukuran detak jantung (BPM) dan kadar oksigen dalam darah (SpO_2) yang dihasilkan oleh sistem dengan alat ukur medis standar, yaitu *pulse oximeter*. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang dihasilkan sistem dapat dipercaya dan mendekati nilai acuan.

Tabel 3. Data Subjek Penelitian BPM

Nama	Kategori	HR (Buatan)	HR (Acuan)
Jordi	Dewasa	93	93
abdul basit	Dewasa	98	98
alfira	remaja	93	93
rohmadi	dewasa	90	90
aswani	dewasa	85	85
syafiq	Dewasa	98	98
bote	Dewasa	83	83
adila	Dewasa	91	91
ciko	Dewasa	91	91
miko	Dewasa	95	95

Pada tabel 2 Pengujian dilakukan kepada 10 subjek penelitian dengan kategori umur dewasa dan remaja. Berdasarkan data yang diperoleh, dilakukan perhitungan selisih absolut antara HR buatan dan HR acuan dengan mengunakan persamaan pada 2.3, yaitu:

1. Total selisih = 0
2. MAE $= \frac{\mathbf{0}}{\mathbf{10}} = \mathbf{0}$
3. MAE = 0 BPM

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa alat pengukur denyut jantung buatan memiliki akurasi sempurna sebesar 100% dengan nilai MAE 0 bpm. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan dalam jumlah sampel dan pengujian hanya dilakukan pada kondisi istirahat, sehingga diperlukan penelitian lanjutan dengan sampel yang lebih besar dan variasi kondisi pengukuran yang lebih beragam untuk memperkuat validitas eksternal dari temuan penelitian ini.

Tabel 4. Data Subjek Penelitian SpO_2

Nama	Kategori	SpO2 (Buatan)	SpO2 (Acuan)
Jordi	Dewasa	99	99
abdul basit	Dewasa	97	97
alfira	remaja	98	98
rohmadi	dewasa	100	100
aswani	dewasa	99	99
syafiq	Dewasa	97	97
bote	Dewasa	99	99
adila	Dewasa	100	100
ciko	Dewasa	98	98
miko	Dewasa	99	99

Pada tabel 3 ditampilkan hasil perbandingan nilai SpO_2 antara alat yang dirancang dengan *pulse oximeter* pada beberapa subjek penelitian. Berdasarkan data tersebut, nilai Sp02 yang dihasilkan sistem menunjukkan kesesuaian dengan nilai acuan tanpa perbedaan yang signifikan.

Uji Presisi

Uji presisi dilakukan untuk mengetahui konsistensi hasil pengukuran alat ketika dilakukan pengambilan data berulang pada kondisi yang sama. Pengujian dilakukan dengan mengambil data detak jantung dan kadar oksigen menggunakan sensor MAX30102 sebanyak beberapa kali pada subjek yang sama tanpa adanya perubahan aktivitas. Data yang diperoleh ditampilkan pada OLED LCD dan tersimpan pada database XAMPP. Selanjutnya, hasil pengukuran dianalisis menggunakan perhitungan rata-rata dan standar deviasi. Nilai standar deviasi yang kecil menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat presisi yang baik karena hasil pengukuran relatif stabil dan tidak mengalami fluktuasi yang besar.

Tabel 5. Data Presisi

No	BPM (Detak Jantung)	SpO_2 (%)
1	95	99
2	96	98
3	96	97
4	95	99
5	95	99
6	94	99
7	94	99
8	94	97
9	94	99
10	95	99
11	96	99
12	95	99
13	95	99
14	96	99
15	95	99
16	94	99
17	94	99
18	95	99
19	95	99
20	96	97

Pada Tabel 4 ditunjukkan hasil pengambilan data BPM dan SpO_2 sebanyak 20 kali pengukuran secara berulang. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan perhitungan nilai rata-rata dan simpangan baku (standar deviasi) dengan menggunakan persamaan pada 2.4, yaitu:

1. Rata-rata BPM

$$\mathbf{X\ BPM} = \frac{(\mathbf{95} + \mathbf{96} + \cdots + \mathbf{96})}{\mathbf{20}} = \mathbf{94.95\ BPM}$$

2. Simpangan baku BPM

$$\boldsymbol{\sigma BPM} = \sqrt{\frac{\sum(\boldsymbol{xi} - \mathbf{95})^{\mathbf{2}}}{\mathbf{20}}} = \sqrt{\frac{\mathbf{27}}{\mathbf{20}}} = \mathbf{0.77}$$

3. Rata-rata sp02

$$\mathbf{X\ SP02} = \frac{(\mathbf{99} + \mathbf{98} + \mathbf{97} + \mathbf{99} + \cdots + \mathbf{99})}{\mathbf{20}} = \mathbf{98.65}$$

4. Simpangan baku SpO_2

$$\boldsymbol{\sigma\ SpO_2} \sqrt{\frac{\sum(\mathbf{Xi} - \mathbf{98.5})^{\mathbf{2}}}{\mathbf{50}}} = \sqrt{\frac{\mathbf{31.3}}{\mathbf{50}}} = \mathbf{0.73}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai rata-rata detak jantung sebesar 94,95 BPM dengan simpangan baku 0,77 BPM, serta nilai rata-rata SpO_2 sebesar 98,65% dengan simpangan baku 0,73%. Nilai simpangan baku yang kecil menunjukkan bahwa hasil pengukuran sistem bersifat stabil dan konsisten.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring yang dirancang memiliki tingkat presisi yang baik, sehingga mampu memberikan hasil pengukuran yang andal pada penggunaan berulang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem monitoring detak jantung dan kadar oksigen berbasis IoT, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring detak jantung dan kadar oksigen berbasis IoT berhasil dirancang menggunakan sensor MAX30102 dan mikrokontroler ESP8266 sesuai dengan tujuan penelitian.
2. Data detak jantung (BPM) dan kadar oksigen (SpO_2) dapat ditampilkan secara *real-time* melalui OLED LCD dan web *local host* menggunakan XAMPP.
3. Berdasarkan hasil pengujian, sistem dapat bekerja dengan baik dengan latensi 1,35 detik, akurasi 100%, dan presisi 0,73%. Sehingga dapat digunakan sebagai alat pemantauan detak jantung dan kadar oksigen.

REFERENCES

Abdulmalek, S., Nasir, A., Jabbar, W. A., Almuhaya, M. A. M., Bairagi, A. K., Khan, M. A. M., & Kee, S. H. (2022). IoT-Based Healthcare-Monitoring System towards Improving Quality of Life: A Review. *Healthcare (Switzerland)*, *10*(10). https://doi.org/10.3390/healthcare10101993

Adam Fauzan Ahmad, Bambang Setia Nugroho, & Bagus Aditya. (2023). Deteksi Saturasi Oksigen dalam Darah Menggunakan Sensor MAX30100 Berbasis ESP8266. *E-Proceeding of Engineering*, *10*(4), 3740–3747.

Aprilia, A., & Sollu, T. S. (2021). SISTEM MONITORING REALTIME DETAK JANTUNG DAN KADAR OKSIGEN DALAM DARAH PADA MANUSIA BERBASIS IoT (INTERNET of THINGS). *Foristek*, *10*(2), 95–103. https://doi.org/10.54757/fs.v10i2.43

Desiana, A. (2020). Sistem pengukuran saturasi oksigen darah dan detak jantung menggunakan pulse oximeter berbasis logika fuzzy. *Thesis. Universitas Sriwijaya*, 6.

Dewi, N., Rohmah, M., & Zahara, S. (2019). Jurnal 5.14.04.11.0.097 Nurul Hidayati Lusita Dewi. *Teknologi Informasi*, 3–3.

Fauzan, T. A., Arifuddin, R., Dwi, R., Kartika, J., Elektro, T., & Malang, U. M. (2024).

Gade, P. (2021). IoT Based Pulse Oximeter Using ESP8266. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.3918115

Gunawan, F. (2023). *Pemantauan Detak Jantung Dan Saturasi Oksigen Dalam Darah Berbasis Iot Menggunakan Sensor Max30102*. 1–45. https://eprints.untirta.ac.id/30726/1/Fajar Gunawan_3332170005_Fulltext.pdf

Harez, J. Bin, Akter, S., Sony, R. I., Amin, M. T. H., Anee, M. J., & Hossain, A. (2024). IoT-Driven System for Continuous Monitoring of Heart Disease Patients Post-Surgery. *ResearchGate*, 1–17. https://www.researchgate.net/publication/384938063_IoT-Driven_System_for_Continuous_Monitoring_of_Heart_Disease_Patients_Post-Surgery

Herbert, M. S. (2017). Antonius. *Robert Garnier in Elizabethan England*, *20*, 91–178. https://doi.org/10.2307/j.ctt1vjqnd5.7

Kuspranoto, A. H., Puspita, R., Zuhdi, I., Polbitrada, T. E., Bank, T., Polbitrada, D., & Polbitrada, T. E. (2022). Monitoring Detak Jantung Dan Kadar Oksigen Berbasis Android Monitoring Heart Rate and Oxygen Saturation. *Medika Trada : Jurnal Teknik Elektromedik Polbitrada*, *3*(1), 21–29.

Martins, M. N., Suhartono, V., & Kurniatie, M. D. (2022). Klasifikasi Detak Jantung dan Kadar Oksigen Menggunakan Threshold. *Applied Industrial Engineering Journal*, *6*(2), 74–79. http://publikasi.dinus.ac.id/index.php/aiej/index 74

N, S. M., & Anand, T. (2024). *IoT based Blood Oxygen and Heart Rate Monitoring System*. *July*, 1054–1059. www.irjet.net

Nugroho, B., -, R., & Kristiyono, R. (2023). Aplikasi Esp8266 Sebagai Pengendali Smart Room. *Teknika*, *8*(1), 55–64. https://doi.org/10.52561/teknika.v8i1.248

Pratama, F. A., Pradana, A. I., & Hartanti, D. (2024). Pengembangan Aplikasi Mobile Untuk Monitoring Detak Jantung, Saturasi Oksigen Darah, Dan Suhu Tubuh Dengan Integrasi Iot Menggunakan Esp32. *Infotech: Journal of Technology Information*, *10*(1), 27–36. https://doi.org/10.37365/jti.v10i1.244

Purwantini, D., & Febby Setiani, I. (2022). Perbedaan Pengaruh Short Wave Diathermy (SWD), Ultrasound Dan Latihan Quadriceps Pada Klien Dengan Osteoartritis Knee. *Jurnal Keperawatan Muhammadiyah*, *7*(2), 14–18.

Ramadhan, A. S. (2021). Rancang Bangun Monitoring Detak Jantung (Heart Rate) Sebagai Indikator Kesehatan Berbasis Internet of Things (Iot). *Jurnal Mahasiswa*, *1*(3), 1–8.

Rosima, I., & Suwardoyo, U. (2022). Monitoring Detak Jantung Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Sintaks Logika*, *2*(3), 17–22. https://doi.org/10.31850/jsilog.v2i3.1847

Razoki, L., et al. (2023). Analisis fitokimia dan identifikasi metabolit sekunder pada tanaman obat. *Jurnal Farmasi Indonesia*.

Razoki, L., et al. (2024). Peran flavonoid sebagai antioksidan dalam penyembuhan luka. *Jurnal Biomedis*.

Sabrina, S., et al. (2022). Perbandingan metode ekstraksi terhadap stabilitas metabolit sekunder. *Jurnal Teknologi Farmasi*.

Setiawan, A., et al. (2022). Aktivitas antioksidan ekstrak daun sirsak berdasarkan variasi metode ekstraksi. *Jurnal Farmasi Modern*.

Sukarti, S., et al. (2024). Penetapan kadar flavonoid total menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Analisis Kimia*.

Şen, S., et al. (2021). Evaluation of antioxidant activity using DPPH assay: A review. *Journal of Food Chemistry*.

Thrisnadia, T., et al. (2022). Pengaruh jenis pelarut terhadap aktivitas antioksidan ekstrak daun sirsak. *Jurnal Penelitian Farmasi*.

Weliyanto, W., Hakim, L., & Hidayah, N. (2025). Identifikasi kandungan kimia tanaman sirsak (*Annona muricata* L.) dan potensinya sebagai obat tradisional. *Jurnal Herbal Indonesia*.