

ANALISIS KINERJA TERMOMETER NONKONTAK BERBASIS SENSOR IR MLX90614 DAN SENSOR ULTRASONIK YANG DIINTEGRASIKAN PADA WEB SERVER

Duwi Hariyanto^{1*}, Novalia Pertiwi², Rachellen Argatha Sirait³

^{1,2,3} Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera; Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung

Keywords:

ESP32;
Internet of Things;
MLX90614;
Sensor Ultrasonik;
Web Server.

Correspondent Email:

duwi.hariyanto@el.itera.ac.id

Abstrak. Pengukuran suhu tubuh secara nonkontak menjadi pilihan yang aman dan praktis, terutama dalam situasi pandemi, untuk mengurangi risiko penyebaran penyakit akibat kontak langsung. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem termometer nonkontak berbasis sensor inframerah MLX90614, sensor ultrasonik, dan mikrokontroler ESP32 yang diintegrasikan dengan *internet of things* (IoT) melalui web server. Sensor inframerah MLX90614 berfungsi sebagai pendeteksi suhu objek tanpa kontak langsung, sedangkan sensor ultrasonik digunakan untuk memastikan jarak optimal saat pengukuran guna meningkatkan akurasi. Mikrokontroler ESP32 bertindak sebagai pusat kendali sistem yang mengolah data dari sensor dan mengirimkannya ke web server untuk penyimpanan serta analisis lebih lanjut. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan LED dan buzzer sebagai indikator hasil pengukuran suhu. Dalam penelitian ini, dilakukan integrasi sirkuit pada *printed circuit board* (PCB) yang didesain menggunakan perangkat lunak bebas KiCad. Pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki tingkat akurasi yang baik dengan nilai *error* maksimum sebesar $\pm 0,83^{\circ}\text{C}$ dan akurasi rata-rata mencapai 99,17%. Sensor ultrasonik efektif dalam mendeteksi jarak optimal pengukuran suhu pada rentang kurang dari 5 cm, sehingga memastikan data yang dihasilkan lebih akurat. Implementasi ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan alat kesehatan berbasis IoT yang efisien, akurat, dan dapat digunakan di berbagai ruang publik untuk pemantauan suhu secara *real-time*.

Abstract. *Non-contact body temperature measurement has become a safe and practical solution, particularly during pandemics, to reduce the risk of disease transmission through direct contact. This study aims to analyze the performance of a non-contact thermometer system based on the MLX90614 infrared sensor, ultrasonic sensor, and ESP32 microcontroller, integrated with internet of things (IoT) via a web server. The MLX90614 sensor functions as a contactless temperature detector, while the ultrasonic sensor ensures optimal distance during measurement to improve accuracy. The ESP32 microcontroller acts as the system's central control unit, processing data from the sensors and transmitting it to a web server for storage and further analysis. The system also includes an LED and a buzzer to indicate temperature measurement results. In this study, the circuit was integrated onto a printed circuit board (PCB) designed using the open-source software KiCad. Experimental results demonstrated that the system maintained high accuracy, with a maximum error of $\pm 0.83^{\circ}\text{C}$ and an average accuracy of 99.17%. The ultrasonic sensor effectively detected the optimal measurement distance within a range of less than 5 cm, contributing to more reliable data. This implementation is expected to support the development of efficient, accurate*

IoT-based medical devices for real-time temperature monitoring in public spaces.

1. PENDAHULUAN

Pengukuran suhu merupakan aspek krusial dalam berbagai bidang, terutama dalam sektor kesehatan, industri, dan rumah tangga. Salah satu metode yang umum digunakan adalah termometer kontak, seperti termometer digital dan termometer raksa. Namun, metode ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti risiko kontaminasi akibat kontak langsung serta keterbatasan dalam mengukur suhu objek yang bergerak atau sulit dijangkau. Untuk mengatasi permasalahan ini, teknologi termometer nonkontak berbasis sensor inframerah telah dikembangkan, memungkinkan pengukuran suhu tanpa kontak langsung dengan objek dan memberikan hasil yang lebih cepat serta lebih higienis [1].

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi teknologi termometer nonkontak menggunakan sensor inframerah MLX90614. Misalnya, penelitian oleh Sasmoko dkk. (2021) yang membandingkan sensor MLX90614 dan DS18B20 dan menunjukkan bahwa MLX90614 lebih unggul, meskipun masih terbatas pada pemantauan melalui aplikasi Android tanpa web server [2]. Bramudiansyah (2021) mengembangkan pengukur suhu otomatis berbasis multi-sensor dengan MLX90614 dan sensor ultrasonik, yang mampu mengoptimalkan jarak pengukuran dan mengaktifkan *buzzer* serta *solenoid door lock* jika suhu melebihi 37,5°C, tetapi belum terintegrasi dengan IoT untuk pemantauan *real-time* [3]. Habibi dkk. (2022) mengembangkan sistem berbasis SMS Gateway untuk notifikasi suhu tinggi, namun tanpa fitur pemantauan *real-time* melalui web server [4]. Sementara itu, Hadi dkk. (2023) menggunakan MLX90614 dengan Arduino Uno, tetapi menemukan keterbatasan dalam akurasi pengukuran pada jarak tertentu, menunjukkan perlunya sensor tambahan untuk meningkatkan presisi data [5].

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan, masih terdapat beberapa kekurangan dalam implementasi termometer nonkontak berbasis sensor inframerah. Sebagian besar penelitian terdahulu belum mengintegrasikan sensor dengan teknologi *internet of things* (IoT)

untuk memungkinkan pemantauan suhu secara *real-time* melalui web server. Selain itu, belum ada sistem yang mengoptimalkan penggunaan sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak optimal dalam pengukuran suhu, yang berpotensi meningkatkan akurasi pengukuran suhu tubuh manusia.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem termometer nonkontak berbasis sensor inframerah MLX90614 dan sensor ultrasonik yang diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 serta web server berbasis IoT. Integrasi dengan web server memungkinkan pemantauan suhu secara *real-time* guna mendeteksi individu dengan gejala demam sebagai langkah pencegahan penyakit menular. Selain itu, sistem ini mampu menyimpan riwayat suhu tubuh pengunjung ruang publik dalam *database*, sehingga dapat digunakan untuk analisis epidemiologi dan pengendalian kesehatan. Data yang dikumpulkan juga dapat dimanfaatkan dalam analisis *big data* untuk mengidentifikasi tren penyebaran penyakit serta meningkatkan efektivitas kebijakan kesehatan berbasis data. Dengan demikian, pengembangan sistem ini diharapkan dapat berkontribusi dalam peningkatan efisiensi pemantauan suhu, pengelolaan data kesehatan, dan mitigasi penyebaran penyakit menular.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu adalah proses menentukan tingkat panas atau dinginnya suatu objek dan dapat dilakukan melalui metode kontak atau nonkontak. Pengukuran kontak biasanya menggunakan sensor yang bersentuhan langsung dengan objek seperti termokopel, termistor, atau *resistance temperature detector* (RTD) [6]. Metode ini cocok untuk objek yang suhunya stabil dan mudah dijangkau. Sementara itu, pengukuran nonkontak menggunakan sensor seperti inframerah (IR) yang mendeteksi radiasi termal dari permukaan objek, sangat berguna untuk objek yang sulit dijangkau atau yang tidak dapat disentuh secara langsung seperti benda yang sangat panas,

bergerak, atau berada dalam lingkungan berbahaya. Klasifikasi hasil pengukuran suhu tubuh manusia, seperti ditunjukkan Tabel 1 [7].

Tabel 1. Klasifikasi hasil pengukuran suhu tubuh manusia [7]

Hipoter mi	Normal	Panas	Hipert emi
<36°C	36°C–38°C	38,1°C–40°C	>40°C

2.2. Sensor Inframerah MLX90614

Sensor MLX90614 merupakan sensor inframerah nonkontak yang digunakan untuk mengukur suhu objek berdasarkan radiasi IR yang dipancarkan. Sensor ini menggunakan prinsip termometri radiasi yang sesuai dengan hukum Stefan-Boltzmann, dalam hal ini, intensitas radiasi sebanding dengan pangkat empat dari suhu absolut benda [8]. MLX90614 memiliki dua jenis keluaran yaitu analog dan digital, serta mendukung komunikasi I2C dan PWM. Sensor ini mampu mengukur suhu dalam rentang -70°C hingga 380°C dengan akurasi tinggi, yaitu $\pm 0,5^\circ\text{C}$ pada suhu 0°C–50°C. Ukurannya yang ringkas, konsumsi daya rendah, dan kemudahan integrasi menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi medis, industri, dan IoT. Bentuk fisik dari sensor inframerah MLX90614 ditunjukkan Gambar 1 [9].

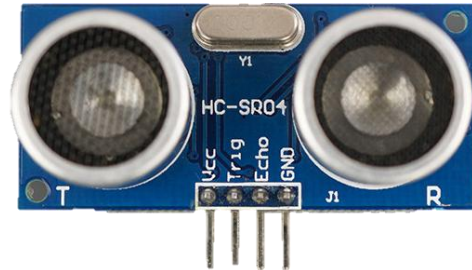


Gambar 1. Sensor IR MLX90614 [9]

2.3. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara frekuensi tinggi (sekitar 40 kHz). Sensor ini mengukur jarak berdasarkan waktu yang dibutuhkan gelombang untuk kembali setelah dipantulkan oleh objek (*Time-of-Flight*). Modul HC-SR04, salah satu sensor yang umum digunakan, memiliki dua bagian utama yaitu *transmitter* dan *receiver*, dan dapat mengukur jarak dalam rentang 2 cm hingga 400 cm dengan akurasi sekitar 3 mm [10], [11]. Dalam konteks penelitian ini, sensor ultrasonik digunakan

untuk memastikan bahwa pengukuran suhu dilakukan pada jarak optimal (kurang dari 5 cm), guna meningkatkan akurasi data dari sensor inframerah. Sensor ultrasonik HC-SR04 ditunjukkan Gambar 2 [12].



Gambar 2. Sensor ultrasonik HC-SR04[12]

2.4. Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler 32-bit yang dikembangkan oleh Espressif Systems, dengan inti prosesor dual-core Xtensa LX6, kecepatan hingga 240 MHz, dan dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth[13]. Mikrokontroler ini memiliki berbagai fitur seperti ADC, DAC, PWM, SPI, I2C, UART, serta GPIO yang banyak dan fleksibel. Keunggulan utama ESP32 dalam proyek ini adalah kemampuannya dalam mengolah data sensor dan mengirimkannya secara nirkabel ke web server melalui koneksi Wi-Fi, menjadikannya sangat ideal untuk aplikasi *internet of things* (IoT). Mikrokontroler ESP32 seperti Gambar 3[14].



Gambar 3. ESP32[14]

2.5. Internet of Things (IoT)

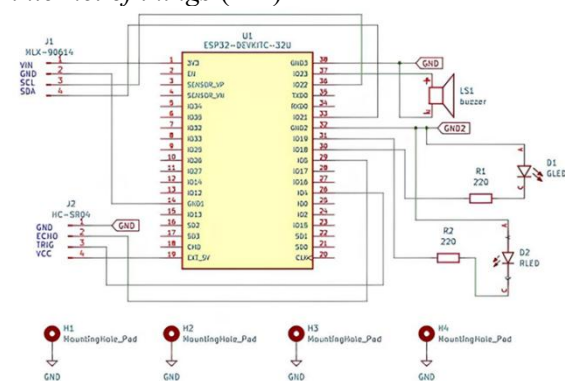
Internet of things (IoT) merujuk pada jaringan perangkat fisik yang saling terhubung melalui internet dan dapat mengumpulkan, mengirim, serta bertukar data[15]. Dalam penelitian ini, sistem termometer nonkontak terintegrasi dengan IoT melalui ESP32 yang mengirimkan data suhu secara *real-time* ke web server. Hal ini memungkinkan pemantauan suhu tubuh tanpa kontak secara jarak jauh dan efisien, yang sangat berguna untuk keperluan kesehatan publik di tempat-tempat umum.

3. METODE PENELITIAN

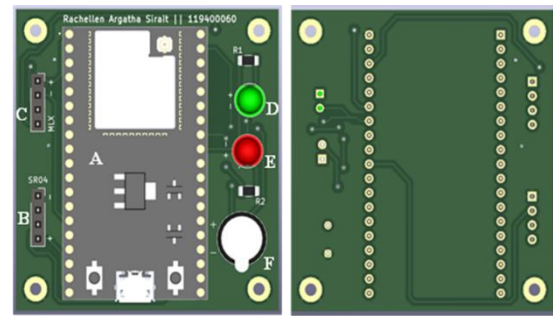
Metode penelitian ini dirancang untuk mendukung proses perancangan, implementasi, dan evaluasi sistem termometer nonkontak berbasis sensor inframerah MLX90614 dan sensor ultrasonik yang diintegrasikan dengan web server melalui mikrokontroler ESP32. Tahapan penelitian adalah sebagai berikut.

3.1. Perancangan Perangkat Keras

Sistem termometer nonkontak ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor IR MLX90614 untuk mengukur suhu, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur jarak, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali, serta *light-emitting diode* (LED) dan *buzzer* sebagai indikator visual dan audio. Skematik rangkaian termometer nonkontak ditunjukkan Gambar 4. *Printed circuit board* (PCB) dirancang menggunakan perangkat lunak bebas KiCad untuk menghubungkan semua komponen secara efisien, seperti ditunjukkan Gambar 5. Sensor IR MLX90614 digunakan untuk mengukur suhu objek tanpa kontak langsung, dengan rentang suhu -70°C hingga $+380^{\circ}\text{C}$ dan akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada rentang 0°C hingga $+50^{\circ}\text{C}$. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur jarak objek dengan akurasi ± 3 mm. ESP32 dipilih karena kemampuannya dalam konektivitas WiFi dan Bluetooth, serta kemampuan pemrosesan yang cukup kuat untuk aplikasi *internet of things* (IoT).



Gambar 4. Skematik rangkaian termometer nonkontak

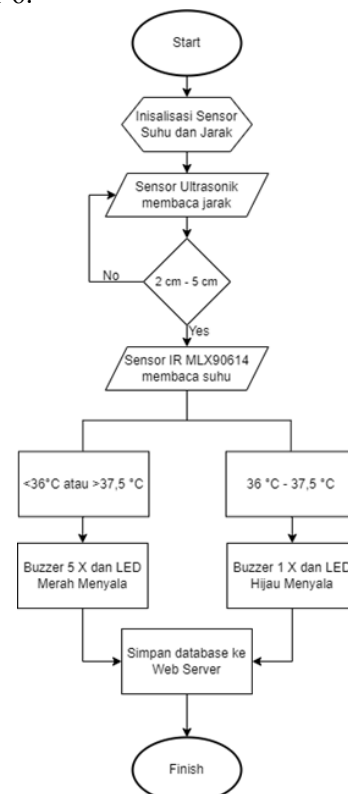


Keterangan:
A. ESP32
B. Sensor IR MLX90614
C. Sensor Ultrasonik
D dan E. LED
F. Buzzer

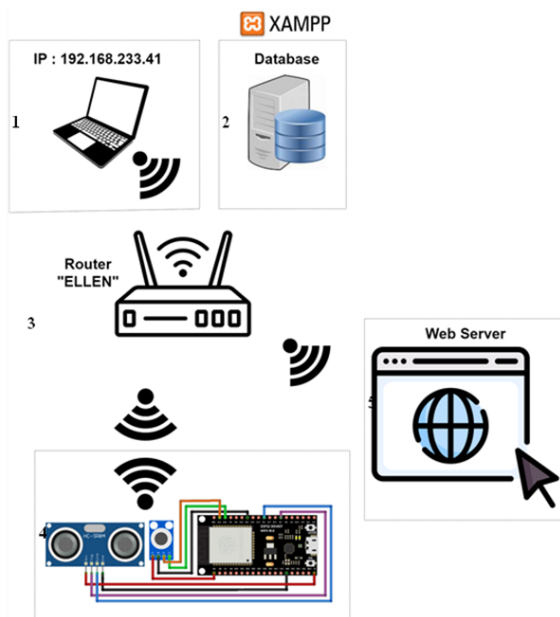
Gambar 5. Tampilan rangkaian pada PCB
(a)Tampak Atas (b) Tampak Bawah

3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Program yang diunggah ke mikrokontroler ESP32 dirancang menggunakan *Arduino integrated development environment* (IDE), sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah. Arduino IDE mendukung bahasa pemrograman berbasis C/C++ dan menyediakan berbagai pustaka untuk mempermudah integrasi dengan sensor serta modul lainnya. Cara kerja program mengikuti diagram alir seperti ditunjukkan Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir sistem



Gambar 7. Diagram alir pengiriman data

Gambar 6 mendeskripsikan bahwa sistem melakukan inisialisasi sensor suhu MLX90614 dan sensor jarak ultrasonik dengan mengatur pin serta memastikan fungsinya berjalan optimal setelah program dimulai. Sensor ultrasonik kemudian mendeteksi jarak objek. Jika jarak lebih dari 5 cm, pengukuran suhu tidak dilakukan. Namun, jika pada rentang 2–5 cm, sensor MLX90614 akan mengukur suhu objek. Jika suhu berada di luar rentang 36–37,5°C, *buzzer* berbunyi lima kali dan LED merah menyala sebagai indikasi suhu tidak normal. Sebaliknya, jika suhu dalam rentang normal, *buzzer* berbunyi satu kali dan LED hijau menyala. Data suhu dan jarak kemudian dikirim ke server untuk disimpan dalam *database*, menandai selesainya proses pengukuran.

Pada Gambar 7, proses dimulai dengan *personal computer* (PC) yang menjalankan web server lokal menggunakan perangkat lunak *X-Platform, Apache, MySQL, PHP, dan Perl* (XAMPP) untuk mengelola data dengan PHP dan MySQL. IP address digunakan untuk mengidentifikasi PC dalam jaringan dan memungkinkan ESP32 mengirimkan data ke web server. Router berfungsi sebagai penghubung antara ESP32 dan PC, menyediakan koneksi Wi-Fi agar ESP32 dapat berkomunikasi dengan web server. Setelah terhubung ke jaringan, ESP32 mengumpulkan data dari sensor suhu MLX90614 dan sensor ultrasonik, lalu mengirimkannya ke web server

melalui protokol HTTP menggunakan metode POST. Skrip PHP pada web server memproses dan menyimpan data ke dalam *database* MySQL. Data yang tersimpan dapat diakses dan dimonitor melalui antarmuka web dalam bentuk tabel serta grafik untuk analisis lebih lanjut.

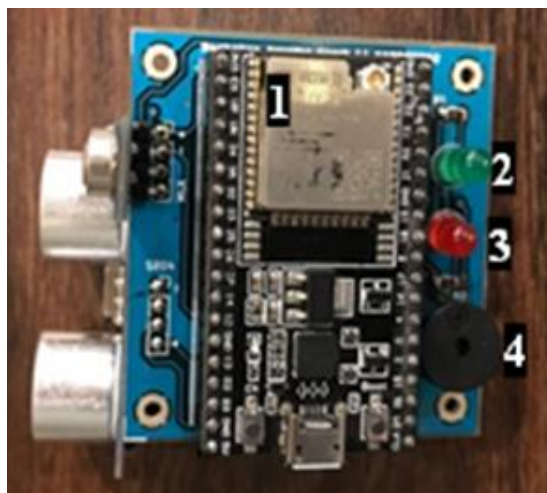
3.3. Prosedur Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi akurasi, konsistensi, serta integrasi antar komponen dalam sistem termometer nonkontak. Prosedur pengujian dilakukan melalui tahapan sebagai berikut.

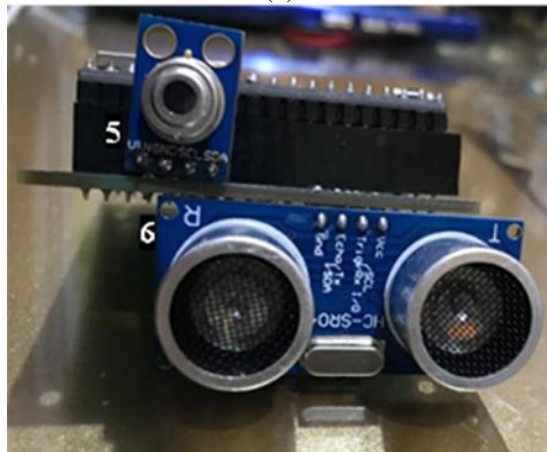
1. Melakukan pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan membandingkannya dengan hasil pengukuran manual menggunakan penggaris. Pengujian dilakukan pada rentang 2–5 cm untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dalam mendeteksi jarak optimal pengukuran suhu.
2. Menguji sensor IR MLX90614 dengan membandingkan hasil pengukuran suhu terhadap referensi termometer inframerah DT-8826. Pengujian dilakukan pada dua objek berbeda (dengan indikasi suhu normal dan demam) masing-masing sebanyak lima kali pengulangan, guna mengetahui stabilitas dan keakuratan sensor.
3. Menjalankan sistem secara menyeluruh dengan menghubungkan semua komponen ke mikrokontroler ESP32, kemudian menjalankan program melalui Arduino IDE. Hasil pengukuran dari sensor diamati pada serial monitor, dan respons LED serta *buzzer* diperiksa untuk memastikan bahwa sistem memberikan umpan balik sesuai kondisi suhu objek.
4. Menguji proses pengiriman data dari ESP32 ke web server lokal menggunakan koneksi Wi-Fi dengan metode HTTP POST. Validasi dilakukan dengan mengecek apakah data tersimpan di *database* MySQL dan ditampilkan secara *real-time* dalam bentuk tabel dan grafik pada antarmuka web.
5. Melakukan pengukuran suhu pada sepuluh orang secara langsung, dengan jarak pengukuran antara 2–5 cm. Data hasil pengukuran dibandingkan dengan termometer referensi untuk menghitung nilai *error* dan akurasi rata-rata sistem secara keseluruhan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil integrasi komponen yang terdiri dari ESP32, sensor IR MLX90614, sensor ultrasonik HC-SR04, *buzzer*, dan LED pada *printed circuit board* (PCB) ditunjukkan pada Gambar 8. Setiap komponen dihubungkan ke ESP32 melalui pin yang telah ditentukan untuk memastikan komunikasi data berjalan dengan baik. Sensor IR MLX90614 dihubungkan ke ESP32 melalui komunikasi I2C, dengan SDA terhubung ke GPIO 21 dan SCL ke GPIO 22, memungkinkan pengiriman data suhu secara serial.



(a)



(b)

Keterangan:

- | | |
|--------------|-----------------------|
| 1. ESP32 | 4. <i>Buzzer</i> |
| 2. LED Hijau | 5. Sensor IR MLX90614 |
| 3. LED Merah | 6. Sensor Ultrasonik |

Gambar 8. Hasil Implementasi PCB (a) Tampak Atas (b) Tampak Samping

Sensor ultrasonik HC-SR04 menggunakan dua pin digital, yaitu TRIG yang terhubung ke GPIO 4 untuk mengaktifkan sinyal ultrasonik, dan ECHO ke GPIO 5 untuk menerima pantulan gelombang suara guna menentukan jarak objek. Indikator visual berupa LED hijau dan LED merah masing-masing terhubung ke GPIO 18 dan GPIO 19 untuk menampilkan status suhu. Jika suhu dalam rentang normal, LED hijau menyala, sedangkan jika suhu di luar batas normal, LED merah menyala. Sementara itu, *buzzer* yang digunakan sebagai alarm peringatan dikontrol melalui GPIO 23, yang akan aktif dengan pola bunyi sesuai kondisi suhu objek.

4.1. Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dilakukan dengan membandingkan jarak objek yang diukur oleh sensor dengan jarak sebenarnya yang diukur menggunakan penggaris.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04

No.	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak Sensor (cm)	Nilai Error (cm)
1	4,7	4,38	$\pm 0,32$
2	3	3,08	$\pm 0,08$
3	3	3,08	$\pm 0,08$
4	3	3,08	$\pm 0,08$
5	2,5	2,75	$\pm 0,25$
6	2,5	2,42	$\pm 0,08$
7	4	3,75	$\pm 0,25$
8	4	3,73	$\pm 0,27$
9	4	4,38	$\pm 0,38$
10	4,5	4,40	$\pm 0,1$
Rata-Rata Error			$\pm 0,39$

Dari Tabel 2, dapat dilihat bahwa sensor memiliki tingkat *error* bervariasi, dengan nilai minimum $\pm 0,08$ cm dan maksimum $\pm 0,38$ cm. Nilai rata-rata *error* yang diperoleh adalah $\pm 0,39$ cm, menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam mengukur jarak pada berbagai titik pengukuran. Dalam hal ini, hasil yang sama dengan penelitian yang dilakukan oleh hariyanto dkk. (2018)[16]. Ketidakakuratan sensor dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti reflektivitas permukaan objek, sudut pantulan gelombang ultrasonik, serta fluktuasi tegangan pada mikrokontroler ESP32 yang mempengaruhi kestabilan sinyal. Nilai rata-rata *error* yang relatif kecil ($\pm 0,39$ cm)

dibandingkan dengan rentang pengukuran yang dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan sensor ultrasonik HC-SR04 dalam penelitian ini cukup efektif dalam menentukan jarak optimal sebelum pengukuran suhu dilakukan oleh sensor IR MLX90614.

4.2. Pengujian Sensor IR MLX90614

Pengujian sensor IR MLX90614 dilakukan dengan membandingkan suhu yang diukur oleh sensor dengan suhu referensi yang diambil menggunakan Infrared Thermometer DT-8826. Pengukuran dilakukan pada dua objek dengan kondisi suhu tubuh berbeda yaitu tangan 1 (suhu tubuh lebih tinggi, indikasi demam) dan tangan 2 (suhu tubuh normal), masing-masing dengan lima kali pengulangan. Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa nilai *error* bervariasi antara $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$ hingga $\pm 0,41^{\circ}\text{C}$, dengan rata-rata *error* sebesar $\pm 0,17^{\circ}\text{C}$. Nilai ini menunjukkan bahwa sensor MLX90614 memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dalam mengukur suhu tubuh seperti hasil yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan Inayah dkk. (2020)[17].

Tabel 3. Hasil pengujian sensor IR MLX90614

Ob- jek	Suhu Infrared Thermom eter DT- 8826 ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu Sensor IR MLX90 614 ($^{\circ}\text{C}$)	Peng ulang an	Nilai Error
Tangan 1	37,2	37,39	1	$\pm 0,19$
	37,2	37,34	2	$\pm 0,14$
	37,1	37,21	3	$\pm 0,11$
	37,1	37,28	4	$\pm 0,18$
	37,2	37,13	5	$\pm 0,07$
Tangan 2	36	35,59	1	$\pm 0,41$
	35,9	35,71	2	$\pm 0,19$
	36,1	35,91	3	$\pm 0,19$
	36,2	36,37	4	$\pm 0,17$
	36,5	36,55	5	$\pm 0,05$
Rata-Rata Error				$\pm 0,17$

Dari Tabel 3, perbedaan terbesar ditemukan pada Tangan 2, pengulangan pertama, dengan *error* $\pm 0,41^{\circ}\text{C}$, yang kemungkinan disebabkan oleh faktor lingkungan, seperti perbedaan emisivitas kulit atau variasi kecil pada posisi sensor selama pengukuran. Sementara itu,

pengukuran dengan *error* terkecil ($\pm 0,05^{\circ}\text{C}$) terjadi pada Tangan 2, pengulangan kelima, menunjukkan bahwa sensor mampu memberikan hasil yang konsisten saat digunakan secara optimal. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MLX90614 cukup andal untuk mengukur suhu tubuh manusia dengan deviasi minimal. Dengan performa ini, sensor MLX90614 dapat diandalkan dalam sistem termometer nonkontak berbasis IoT untuk pemantauan suhu tubuh secara *real-time*.

4.3. Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Pengujian alat bertujuan untuk memastikan bahwa perangkat dapat membaca data dari sensor IR MLX90614 dan sensor ultrasonik HC-SR04, serta memastikan *buzzer* dan LED merespons sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan dalam program. Berdasarkan Gambar 9, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 dapat mendeteksi jarak objek dan mengidentifikasi apakah objek berada dalam jangkauan pembacaan suhu. Saat objek berada di luar batas yang ditentukan (misalnya 32,22 cm dan 40,86 cm), sistem menampilkan pesan "Objek terlalu jauh untuk membaca suhu", menandakan bahwa pengukuran suhu tidak dilakukan. Namun, ketika jarak objek mendekati 4,71 cm, sensor IR MLX90614 berhasil mengukur suhu objek sebesar $35,83^{\circ}\text{C}$ dan data dikirim ke server, dengan respons "Database connection is OK", yang menunjukkan bahwa data berhasil tersimpan dalam basis data. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan yang diharapkan, dengan mekanisme validasi jarak sebelum pembacaan suhu.



Gambar 9. Hasil pada serial monitor

Tabel 4. Hasil pengujian alat secara keseluruhan

No	Komponen	Hasil Pengujian	Keterangan
1	ESP32	Berfungsi	Tidak ada masalah koneksi
2	Sensor IR MLX90614	Akurat	Mengukur suhu dengan baik
3	Sensor Ultrasonik	Akurat	Mengukur jarak dengan baik
4	Buzzer	Berfungsi	Berbunyi sesuai kondisi
5	LED Hijau	Berfungsi	Menyala saat suhu normal
6	LED Merah	Berfungsi	Menyala saat suhu tinggi
7	Pengiriman Data	Berfungsi	Data terkirim ke Web Server

Tabel 4 juga menunjukkan hasil pengujian berbagai komponen yang digunakan dalam sistem berbasis ESP32. Semua komponen, termasuk ESP32, sensor IR MLX90614, sensor ultrasonik, *buzzer*, LED hijau, dan LED merah, berhasil berfungsi sesuai harapan. Sensor IR MLX90614 dan sensor ultrasonik terbukti akurat dalam mengukur suhu dan jarak, sementara *buzzer* dan LED berfungsi dengan baik, memberikan umpan balik visual dan audio yang sesuai dengan kondisi yang ditentukan. Pengiriman data ke *web server* juga berjalan lancar, menunjukkan bahwa koneksi dan komunikasi antar komponen dalam sistem ini berfungsi tanpa hambatan. Hasil pengujian ini menegaskan bahwa keseluruhan sistem dapat diandalkan untuk memantau suhu dan mengirim data secara *real-time*.

Selanjutnya, pada pengujian suhu, dilakukan pembacaan suhu sebanyak 10 kali kepada 10 orang berbeda dengan pengambilan jarak 2 - 5 cm. Suhu yang dihasilkan dibandingkan dengan termometer IR DT-8826 untuk menentukan nilai *error* dan akurasi. Berikut ini adalah hasil pengukuran suhu dengan sensor IR MLX90614 yang tampil pada *web server* dalam bentuk tabel dan grafik pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil pengukuran dalam web server

Tabel 5. Hasil pengukuran alat

ke-	Hasil Pengukuran				
	Jarak (cm)	Suhu IR MLX90614 (°C)	Suhu IR DT-8826 (°C)	Error (°C)	Akurasi (%)
1	3,45	36,77	36,6	± 0,17	99,7
2	3,49	36,17	36,6	± 0,23	98,8
3	4,75	36,67	36,4	± 0,27	99,2
4	2,73	36,77	36,6	± 0,17	99,5
5	4,26	36,53	36,4	± 0,13	99,6
6	4,68	35,67	36,5	± 0,83	97,7
7	3,95	35,77	36,1	± 0,33	99
8	4,93	36,49	36,3	± 0,19	99,4
9	2,79	36,33	36,1	± 0,23	99,3
10	3,17	35,94	36,1	± 0,16	99,5

Hasil pada Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai *error* dari hasil pengukuran berkisar antara $\pm 0,13^{\circ}\text{C}$ hingga $\pm 0,83^{\circ}\text{C}$. Dari data yang diperoleh, terlihat bahwa sebagian besar pengukuran memiliki *error* kecil, yaitu di bawah $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$, yang mengindikasikan bahwa alat mampu memberikan hasil yang stabil dan konsisten. Namun, terdapat satu pengukuran dengan *error* $\pm 0,83^{\circ}\text{C}$ (pada orang ke-6), yang kemungkinan disebabkan oleh perbedaan posisi sensor terhadap objek, pantulan inframerah, atau faktor lingkungan seperti suhu sekitar dan kelembaban udara. Kemudian, nilai akurasi rata-rata yang diperoleh adalah 99,17%, yang menunjukkan bahwa alat ini sangat akurat dan dapat diandalkan untuk pengukuran suhu nonkontak. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa alat termometer nonkontak yang dirancang berhasil memenuhi tujuan penelitian, yaitu menyediakan alat pengukur suhu nonkontak yang terintegrasi dengan teknologi IoT untuk pengukuran dan analisis data secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang tinggi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem termometer nonkontak berbasis sensor IR MLX90614 dan sensor ultrasonik yang diintegrasikan dengan web server telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan tingkat akurasi yang tinggi. Kalibrasi sensor ultrasonik menunjukkan nilai rata-rata *error* $\pm 0,39$ cm, sementara sensor IR MLX90614 memiliki nilai rata-rata *error* $\pm 0,17^{\circ}\text{C}$, yang mengindikasikan kinerja sensor yang andal dalam mengukur jarak dan suhu. Pengujian sistem secara keseluruhan menunjukkan nilai *error* berkisar antara $\pm 0,13^{\circ}\text{C}$ hingga $\pm 0,83^{\circ}\text{C}$ dengan rata-rata akurasi 99,17%, membuktikan bahwa alat ini dapat digunakan untuk pengukuran suhu yang presisi. Selain itu, pengiriman data ke web server berjalan lancar, memungkinkan pemantauan dan analisis suhu secara *real-time*.

Untuk pengembangan lebih lanjut, penelitian ini dapat ditingkatkan dengan pengembangan aplikasi *mobile* atau *desktop*, optimasi daya menggunakan mode *sleep* pada ESP32, serta penambahan fitur notifikasi melalui SMS atau e-mail. Selain itu, pengujian pada berbagai kondisi lingkungan diperlukan untuk memastikan keandalan sistem dalam berbagai skenario penggunaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. B. Dell'Isola, E. Cosentini, L. Canale, G. Ficco, dan M. Dell'Isola, "Noncontact Body Temperature Measurement: Uncertainty Evaluation and Screening Decision Rule to Prevent the Spread of COVID-19," *Sensors*, vol. 21, no. 2, hlm. 346, Jan 2021.
- [2] D. Sasmoko, N. Afifah, dan I. Saufik, "Pengukuran Suhu dengan IR MLX90614 dan NoDeMCU dan Membandingkan dengan Ds18B20 untuk pencegahan Covid 19," *Jurnal Ilmiah Elektronika dan Komputer*, vol. 14, no. 2, hlm. 256–260, 2021.
- [3] R. Bramudiansyah, "Rancang Bangun Alat Pengukur Suhu Tubuh Non Contact Pada Manusia Dengan Tampilan Digital Berbasis Sensor MLX90614," *SinarFe7*, vol. 4, no. 1, hlm. 378–383, Des 2021.
- [4] I. H. Tanjung, "Termometer Non Contact Menggunakan Sensor Suhu Infrared MLX90614 Sebagai Pengukur Suhu Tubuh Berbasis SMS GateWay," *IJEERE*, vol. 2, no. 1, hlm. 19–28, Jul 2022.
- [5] S. Hadi, M. N. Fadli, dan I. N. Switrayana, "Implementasi Sensor MLX90614 untuk Pengukuran Suhu Tubuh Pada Pasien Puskesmas," *JoMI*, vol. 1, no. 2, hlm. 53–60, Agu 2023.
- [6] D. Hariyanto *dkk.*, "Rancang Bangun Perangkat Instrumentasi dan Kontrol Bioreaktor Cascara Berbasis Raspberry Pi," *ELKOM*, vol. 7, no. 1, hlm. 54–64, 2025.
- [7] M. A. Saputro, E. R. Widasari, dan H. Fitriyah, "Implementasi Sistem Monitoring Detak Jantung dan Suhu Tubuh Manusia Secara Wireless," *J-PTIUK*, vol. 1, no. 2, hlm. 148–156, Feb 2017.
- [8] A. Ramadhanti Aisyah Putri Bintoro dan A. Wagya, "Pengembangan Alat Deteksi Gejala Anemia Non-Invasive Berbasis Narrowband Internet of Things dengan Pendekatan XGBOOST," *JITET*, vol. 12, no. 3S1, Okt 2024.
- [9] Melexis, "Datasheet for MLX90614." [Daring]. Tersedia pada: <https://www.melexis.com/-/media/files/documents/datasheets/mlx90614-datasheet-melexis.pdf>
- [10] A. Anisa, S. Paembonan, dan R. Suppa, "Rancang Bangun Alat Pengukur Tinggi Badan Otomatis Menggunakan Arduino pada Posyandu Kelurahan Sampoddo," *JITET*, vol. 13, no. 1, Jan 2025.
- [11] B. S. Wibowo, F. Z. Efendi, dan A. G. Nugraheni, "Modification of an Arduino-Based Baby Temperature, Weight and Length Measuring Device," *JITET*, vol. 13, no. 2, Apr 2025.
- [12] Sparkfun, "Ultrasonic Ranging Module HC - SR04." [Daring]. Tersedia pada: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>
- [13] M. A. A. Putra dan D. Irawan, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Air pada Tambak Budidaya Udang Berbasis ESP32," *JITET*, vol. 13, no. 1, Jan 2025.
- [14] Espressif, "ESP32 Series." [Daring]. Tersedia: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- [15] N. Badruzzaman, H. Bhakti, dan O. S. Bachri, "Implementasi Sistem Monitoring Suhu dan pH Air Kolam Budidaya Ikan Lele Menggunakan Arduino ESP8266 dan Arduino IDE," *JITET*, vol. 12, no. 3S1, Okt 2024.
- [16] D. Hariyanto, P. I. Sigalingging, dan Hendro, "Rancang Bangun Alat Ukur Panjang Objek di Dalam Air Berbasis Photogate dan Sensor Ultrasonik," dalam *PROSIDING SNIPS*, Bandung, Indonesia, 2018, hlm. 6.
- [17] I. Inayah, "Analisis Akurasi Sistem Sensor IR MLX90614 dan Sensor Ultrasonik berbasis Arduino terhadap Termometer Standar," *JFU*, vol. 10, no. 4, hlm. 428–434, Okt 2021.