

Pengembangan Prototipe Perangkat Peringatan Dini untuk Pencegahan *Heat Stroke* di Wilayah Perdesaan Banten, Indonesia

Prototype Development of Early Warning Device for Heat Stroke Prevention in Rural Areas of Banten, Indonesia

Siswanto^{*,1}, Riyan Naufal Hay's², Alfredo Jati Florentino³,
Dadan Sumindar⁴, Vincensius Situmorang⁵, Sheena Ramazanu⁶

^{1,3,4,5} Department of Computer System, ² Department Informatics Engginering Serang Raya University
Jl. Raya Serang-Cilegon Km. 5 Serang, Indonesia

^{*,1}Corresponding author: fitrakbar06@gmail.com, ²riyan.unsera@gmail.com
³alfredojati29@gmail.com, ⁴dadansumindar51@gmail.com, ⁵vincent188188@gmail.com,
⁶sheenaramaz@hotmail.com

Received on 17-11-2025, accepted on 20-01-2026, published on 31-01-2026

Abstrak

Tingginya risiko *Heat Stroke* di kalangan pekerja luar ruangan di Banten menjadi latar belakang penelitian ini. Penelitian ini bertujuan mengembangkan *prototipe Wireless Sensor Network (WSN)* untuk peringatan dini *Heat Stroke*. Sistem ini terdiri dari dua node: Node A (*outdoor*) menggunakan ESP8266 dan sensor DHT22 untuk mengukur suhu serta kelembapan, dan Node B (*indoor*) menggunakan ESP8266 untuk menerima data secara nirkabel. Node B memproses data dan mengaktifkan notifikasi berjenjang melalui layar LCD, modul suara DFPlayer, dan bot Telegram. Metode pengujian meliputi validasi akurasi sensor, uji fungsional sistem, dan uji coba lapangan. Logika peringatan dibagi menjadi empat level: Aman, Siaga, Waspada, dan Bahaya. Hasil validasi sensor menunjukkan akurasi tinggi dengan rata-rata selisih 0,48°C. Sistem peringatan berfungsi 100% sesuai rancangan, untuk llevel "Aman" hanya memberikan notifikasi Telegram, sementara level lainnya mengaktifkan semua *output* (LCD, Audio dan Telegram). Uji coba lapangan mengonfirmasi bahwa perangkat diterima baik dan fungsional oleh petani. Prototipe ini terbukti menjadi solusi WSN yang praktis untuk mitigasi risiko kesehatan akibat cuaca ekstrem.

Kata kunci: DHT22, ESP 8266, *Heat Stroke*, Peringatan Dini

Abstract

The high risk of Heat Stroke among outdoor workers in Banten is the background for this research. This study aims to develop a Wireless Sensor Network (WSN) prototype for Heat Stroke early warning. The system consists of two nodes: Node A (outdoor) uses an ESP8266 and a DHT22 sensor to measure temperature and humidity, and Node B (indoor) uses an ESP8266 to receive data wirelessly. Node B processes the data and activates tiered notifications via an LCD screen, a DFPlayer sound module, and a Telegram bot. Testing methods included sensor accuracy validation, full functional system tests, and field trials. The warning logic is divided into four levels: Safe, Alert, Standby, and Danger. Sensor validation showed high accuracy with an average difference of 0.48°C. The warning system functioned 100% as designed, with the "Safe" level only sending Telegram notifications, while other levels activated all outputs (LCD, audio, Telegram). Field trials confirmed the device was well-received and functional by farmers. This prototype proves to be a practical WSN solution for mitigating health risks from extreme weather.

Keywords: DHT22, Early Warning, ESP 8266, Heat Stroke

I. PENDAHULUAN

Perubahan iklim belakangan ini telah menjadi krisis kesehatan publik global ditandai dengan meningkatnya frekuensi dan intensitas gelombang panas [1]. Dampak dari perubahan iklim terlihat jelas dari berbagai laporan sepanjang Tahun 2024 antara lain: lebih dari Seribu jemaah haji meninggal dunia akibat suhu ekstrem di Arab Saudi. Kasus kedua kematian akibat *Heat Stroke* juga dilaporkan di Thailand [2]. Fenomena ini menegaskan bahwa *Heat Stroke* adalah kegagalan sistem termoregulasi tubuh akibat paparan panas berlebih yang merupakan ancaman nyata yang memerlukan tindakan mitigasi segera.

Secara medis, *Heat Stroke* adalah tingkat paling parah dari penyakit akibat panas (*Heat-Related Illness*) dan digolongkan sebagai keadaan gawat darurat. Kondisi ini terjadi ketika paparan panas ekstrem menyebabkan suhu tubuh melebihi 40°C. Gejala utamanya meliputi kebingungan, penurunan kesadaran, kulit yang terasa panas (kering), sakit kepala, cedera ginjal, hingga kejang. Hal ini apabila tidak ditangani dapat berisiko menyebabkan kerusakan organ permanen hingga kematian [3] [4].

Untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kasus kematian di tingkat global, berikut adalah rangkuman laporan kasus *Heat Stroke* dan kematian terkait gelombang panas dari Tahun 2023 hingga 2025.

Tabel 1. Kasus dan Kematian Akibat Heat Stroke Global (2023-2025)

Tahun	Lokasi/Peristiwa	Dampak (Kasus/Kematian)
2023	Eropa	Diperkirakan hampir 50.000 kematian terkait cuaca panas sepanjang tahun.
2023	India	Lebih dari 252 kematian dilaporkanm tercatat >2.000 kasus <i>Heat Stroke</i> .
2024	Ibadah Haji, Arab Saudi	Lebih dari 1.000 jemaah haji dari berbagai negara meninggal dunia akibat suhu ekstrem.
2024	Thailand	Tercatat 30 orang meninggal akibat <i>Heat Stroke</i> pada periode Januari - April 2024.
2025	Eropa	Beberapa rumah sakit di wilayah Eropa mencatat kasus <i>Heat Stroke</i> yang banyak menimpa lansia dan pasien kanker.
2025	Korea Selatan	Badan Pengendalian dan Pencegahan Penyakit Korea mencatat total 2.768 kasus dan 13 kematian terjadi pada periode Mei - Juli 2025.

(Sumber: [5], [6], [7], [8], [9], [10])

Di Indonesia secara spesifik belum terdapat data tentang kasus kematian akibat gelombang panas, sedangkan banyak pekerja di sektor informal yang mayoritas beraktivitas di luar ruangan [11].

Kerentanan ini sangat menonjol di Provinsi Banten, sebuah wilayah dengan topografi agraris yang signifikan. Salah satu sentra produksi pangan utamanya adalah Kecamatan Tirtayasa di Kabupaten Serang, yang telah lama dikenal sebagai salah satu "lumbung padi" utama di Banten [12]. Ketergantungan ekonomi yang tinggi pada sektor pertanian sawah menyebabkan mayoritas penduduk di wilayah ini berprofesi sebagai petani. Mereka menghabiskan sebagian besar waktu kerjanya di bawah paparan sinar matahari langsung, seringkali dengan kesadaran yang minim terhadap bahaya kombinasi suhu dan kelembaban tinggi yang terukur melalui Indeks Panas (*Heat Index*). Kondisi kerja ini menempatkan mereka pada risiko stres panas (*Heat Stress*) dan *Heat Stroke* yang sangat tinggi [13].

Untuk menilai tingkat risiko ini, mengukur suhu udara saja tidak cukup akurat. Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan landasan Temperature Humidity Index (THI). THI sendiri adalah metode analisis yang menggabungkan parameter suhu udara (T) dan kelembapan udara relatif (RH) untuk menentukan tingkat kenyamanan termal. Metode ini banyak digunakan untuk wilayah beriklim tropis seperti Indonesia. Rumus THI yang dikembangkan oleh Nieuwolt adalah:

$$THI = (0,8 \times T) + \left\{ RH \times \frac{T}{500} \right\} \quad (1)$$

Berdasarkan nilai THI, tingkat kenyamanan diklasifikasikan menjadi: "nyaman" (21–24°C), "sebagian nyaman" (25–27°C), dan "tidak nyaman" atau "kurang nyaman" (>27°C) [14] dan menunjukkan adanya risiko stres panas. Jenis risiko yang paling relevan bagi para petani adalah Exertional Heat Stroke (EHS)

yang umumnya terjadi pada individu sehat yang melakukan aktivitas fisik berat di lingkungan panas dan belum teraklimatisasi. Jenis ini sangat relevan bagi pekerja lapangan [15].

Di sisi lain, sistem peringatan dini bencana yang ada di Indonesia, meskipun terus berkembang, seringkali berfokus pada bencana skala besar dan informasinya bersifat makro. Masih terdapat tantangan dalam menyediakan peringatan yang spesifik, terlokalisasi, dan menjangkau langsung komunitas rentan seperti para petani di Tirtayasa [16]. Kesenjangan ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak akan inovasi teknologi yang mampu memberikan peringatan dini bahaya iklim mikro secara personal dan tepat waktu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penerapan teknologi tepat guna berbasis Internet of Things (IoT) menawarkan solusi yang menjanjikan untuk mengatasi masalah ini. Pemanfaatan sensor untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time dapat diintegrasikan menjadi sebuah sistem peringatan yang praktis dan berbiaya rendah. Pendekatan semacam ini memungkinkan penyediaan informasi vital yang sebelumnya tidak dapat diakses, memberdayakan individu untuk mengambil tindakan pencegahan proaktif [17].

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem peringatan dini *Heat Stroke*, namun dengan fokus dan pendekatan yang berbeda. Penelitian oleh [18] yang berjudul "Research progress of heatstroke warning system", mengusulkan prototipe berbasis IoT yang berfokus pada pemantauan fisiologis pengguna secara langsung. Sistem mereka menggunakan tiga sensor berbeda: suhu tubuh, denyut nadi, dan pernapasan untuk mendeteksi gejala *Heat Stroke* dari dalam tubuh pengguna, dengan tujuan meningkatkan akurasi dan personalisasi peringatan di bidang kesehatan. Serupa dalam hal target individu, penelitian oleh [19] yang berjudul "Early Prediction of Impending Exertional Heat Stroke With Wearable Multimodal Sensing and Anomaly Detection", menggunakan pendekatan machine learning untuk memprediksi *Heat Stroke* pada tentara AS. Dengan memanfaatkan data dari sensor detak jantung dan akselerometer yang dikenakan di tubuh, sistem mereka berhasil mendeteksi anomali fisiologis dan memprediksi risiko kolaps 33 hingga 69 menit sebelum terjadi, memungkinkan adanya intervensi medis dini.

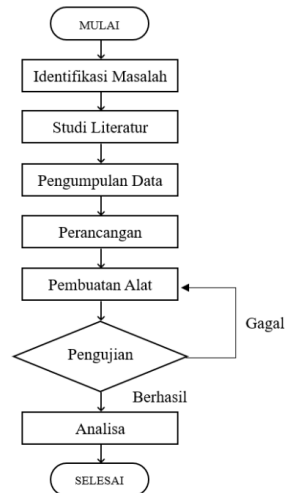
Sementara itu, penelitian oleh [20] yang berjudul "*A digital heat early warning system for older adults*", menggunakan sistem antarmuka untuk peringatan gelombang panas dan digunakan hanya di dalam ruangan, tidak untuk di luar ruangan.

Meskipun inovatif, solusi-solusi tersebut memiliki keterbatasan jika diterapkan untuk masyarakat petani di perdesaan Banten. Ketergantungan pada sensor fisiologis yang harus dikenakan di tubuh [18], [19], analitik data yang kompleks, atau fitur pelacakan canggih menjadikannya terlalu rumit, mahal, dan kurang praktis untuk diadopsi oleh komunitas tersebut [20]. Terdapat kesenjangan yang jelas untuk sebuah perangkat yang sederhana, mandiri, terjangkau, dan berfokus murni pada pemantauan kondisi lingkungan sekitar dengan sistem peringatan yang mudah dipahami.

Penelitian ini hadir untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan menciptakan sebuah solusi teknologi tepat guna yang lebih membumi. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan prototype sistem peringatan dini untuk kebutuhan masyarakat petani di Kecamatan Tirtayasa, Banten. Dengan memanfaatkan sensor suhu dan kelembaban, sistem ini akan memberikan peringatan berupa pesan suara berjenjang sesuai tingkat risiko bahaya panas. Kontribusi utama penelitian ini adalah menyediakan sebuah alat mitigasi risiko yang praktis dan terjangkau, guna meningkatkan keselamatan dan adaptasi terhadap perubahan iklim bagi petani sebagai garda terdepan ketahanan pangan nasional.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian melibatkan pengumpulan data yang relevan, baik secara kualitatif maupun kuantitatif, untuk mendukung proses analisis. Berdasarkan data tersebut, dilakukan perancangan alat atau solusi yang bertujuan mengatasi masalah yang telah diidentifikasi. Setelah alat selesai dirancang, dilakukan pengujian untuk menilai kinerja dan efektivitasnya. Hasil pengujian dianalisis guna mengevaluasi tingkat keberhasilan penelitian dan memberikan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut.



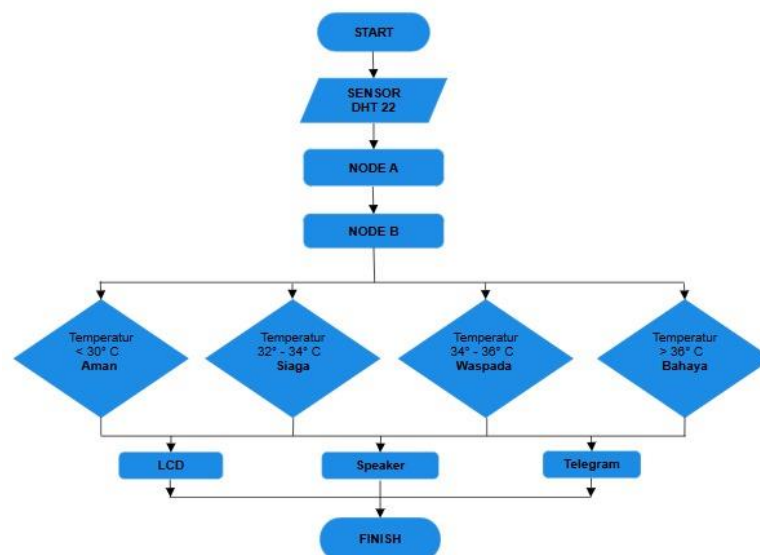
Gambar 1. Alur Penelitian

Penelitian ini menggunakan arsitektur *Wireless Sensor Network* (WSN) yang terdiri dari dua node terpisah. Kebutuhan komponen untuk setiap node dirinci dalam Tabel 2.

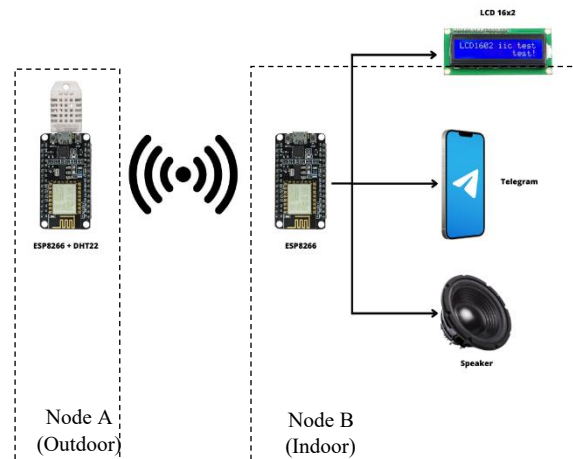
Tabel 2. Kebutuhan Sistem

No.	Komponen	Keterangan
1	ESP 8266	2 Unit
2	DHT 22	1 Unit
3	LCD	16x2
4	DFPlayer	3.3 V
5	Speaker	3 ohm
6	Baterai 9 V	2 Unit
7	BOX	10x20x5 cm
8	Push Button	2 Unit

Arsitektur dan alur kerja sistem dibagi menjadi dua unit fungsional: Node A (Pengirim Outdoor) dan Node B (Penerima Indoor), yang berkomunikasi secara nirkabel. Alur kerja sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3 sebagai berikut.



Gambar 2. Flowchart Cara Kerja Sistem



Gambar 3. Arsitektur Sistem

Secara keseluruhan, alur kerja sistem ini dibagi menjadi dua proses yaitu proses di outdoor dan indoor. Node A (Outdoor) akan ditempatkan di luar ruangan, unit ini terdiri dari mikrokontroler ESP8266 dan sensor DHT22. Tugas utamanya adalah membaca data suhu dan kelembapan lingkungan secara real-time. Setelah data diperoleh, Node A mengirimkan paket data tersebut secara nirkabel ke Node B. Sedangkan Node B (Indoor) akan bertindak sebagai stasiun pusat pemroses dan notifikasi. ESP8266 kedua menerima data suhu dan kelembapan dari Node A. Data tersebut kemudian diproses dan diklasifikasikan ke dalam empat level peringatan sesuai dengan Temperature Humidity Index (THI):

1. Aman: Suhu di bawah 30°C
2. Siaga: Suhu antara 32°C - 34°C
3. Waspada: Suhu antara 34°C - 36°C
4. Bahaya: Suhu di atas 36°C

Lalu, data-data yang diterima oleh ESP 8266 Node B akan didistribusikan ke notifikasi yang dirancang sebagai berikut:

1. Jika status "Aman", sistem hanya mengirimkan notifikasi data suhu dan kelembapan ke tampilan visual di LCD 16x2 dan juga akan dikirimkan ke notifikasi bot Telegram. Tidak ada peringatan audio yang diaktifkan.
2. Jika status "Siaga", "Waspada", atau "Bahaya", sistem akan mengaktifkan tiga output peringatan secara simultan: menampilkan status di LCD, memerintahkan DFPlayer memutar suara sesuai dengan status yang ada, dan mengirimkan notifikasi peringatan ke bot Telegram.

Semua notifikasi tadi akan didistribusikan secara real time.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan alur penelitian yang sudah dilaksanakan, maka pada bab ini akan dipaparkan hasil penelitian meliputi deskripsi prototipe alat dan hasil pengujian fungsioanl dari prototipe tersebut. Dan diperoleh hasil seperti berikut.

A. Deskripsi Prototipe Alat

Prototipe perangkat peringatan dini ini dibuat dalam bentuk sistem dua node atau dua bagian. Bagian pertama atau Node A nantinya akan ditempatkan di luar ruangan, unit ini dikemas dalam casing tahan cuaca berukuran cm berbahan plastik ABS. Di dalam casing nya terdapat mikrokontroler ESP 8266 dan ada DHT22 yang terekspos ke udara luar untuk pembacaan yang akurat. Unit ini ditenagai baterai 9V agar portabel dan tidak memerlukan sambungan listrik eksternal.

Lalu, bagian kedua atau Node B akan ditempatkan di dalam ruangan untuk pemantauan oleh petugas, unit ini juga akan dikemas dalam casing dengan tipe yang sama dengan Node A dan berisi mikrokontroler ESP 8266 kedua dan terhubung dengan kabel jumper ke LCD, modul suara DFPlayer, speaker dan terhubung ke Wi-Fi untuk notifikasi Telegram.

B. Pengujian Sensor DHT22

Tahap awal pengujian fungsional sistem berfokus pada validasi akurasi sensor DHT22 yang merupakan komponen inti dalam pembacaan data lingkungan. Proses validasi ini penting untuk memastikan bahwa data suhu yang menjadi input bagi sistem peringatan dini dapat diandalkan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan suhu dari sensor DHT22 pada prototipe dengan alat ukur pembanding, yaitu aplikasi "Real Thermometer: Temperature" pada perangkat Android.



Gambar 4. Pembacaan Sensor DHT22



Gambar 5. Pembacaan sensor suhu di aplikasi Real Thermometer: Temperature

Pada gambar 4 dan 5 menunjukkan perbandingan pembacaan suhu pada satu waktu dan lokasi pengujian yang sama. Gambar menampilkan hasil pembacaan dari sensor DHT22 pada prototipe dengan suhu 22.10°C. Pada saat yang bersamaan, Gambar 5 menampilkan pembacaan dari aplikasi pembanding yang menunjukkan suhu 22.1°C. Selisih antara kedua pengukuran ini adalah 0.00°C.

Hasil perbandingan langsung ini menunjukkan tingkat kesesuaian yang sangat tinggi antara sensor pada prototipe dengan alat pembanding. Untuk menguji konsistensi dan keandalan sensor lebih lanjut di berbagai kondisi, pengujian tambahan dilaksanakan di tiga lokasi dengan kondisi suhu yang berbeda. Hasil lengkapnya disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 3. Hasil pengujian perbandingan sensor suhu

No.	Tempat	Pembacaan Thermometer (°C)	Pembacaan Sensor DHT22 (°C)	Pembacaan Kelembapan DHT22 (%)	Selisih Suhu (°C)
1.	Ruangan ber-AC	21,00	20,5	49,4	0,5
2.	Ruangan tidak ber-AC	26,15	26,20	48,6	0,5
3.	Luar Ruangan	31,55	31,50	47,3	0,5

Berdasarkan data pada Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa sensor DHT22 yang digunakan pada prototipe memiliki tingkat akurasi yang sangat baik sesuai dengan Spesifikasi DHT22 mempunyai akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (<https://store.ichibot.id/product/dht22>). Hasil pengujian ini menegaskan bahwa sensor DHT22 dapat diandalkan dan cukup presisi untuk tujuan penelitian. Akurasi ini sudah memadai untuk mengklasifikasikan tingkat bahaya panas ke dalam kategori “Aman”, “Siaga”, “Waspada”, dan “Bahaya” sesuai cara kerja, karena perbedaan kecil tersebut tidak akan memengaruhi klasifikasi pada rentang suhu yang telah ditentukan. Dengan demikian, pengujian ini berhasil memvalidasi bahwa sensor DHT22 berfungsi dengan baik dan layak digunakan sebagai komponen input utama pada prototipe perangkat peringatan dini *Heat Stroke*.

C. Pengujian Sistem Peringatan Dini

Setelah memvalidasi akurasi sensor, tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian sistem secara menyeluruh. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen sistem mulai dari input sensor, pemrosesan oleh mikrokontroler, hingga output visual pada layar LCD dan output audio pada speaker berfungsi secara baik dan terintegrasi sesuai dengan alur yang telah dirancang.

Pengujian dilakukan dengan memberikan input suhu yang mewakili setiap kategori peringatan: "Aman", "Siaga", "Waspada", dan "Awat". Respon sistem pada layar LCD didokumentasikan melalui foto, sementara notifikasi yang dihasilkan oleh DFPlayer berupa suara (audio).

Tampilan output pada layar LCD untuk setiap level peringatan ditunjukkan pada gambar-gambar berikut.



Gambar 6. Tampilan LCD Suhu 34,10°C Status Siaga



Gambar 7. Tampilan LCD Suhu 39,50°C Status Waspada



Gambar 8. Tampilan LCD Suhu 41,00°C Status Bahaya



Gambar 9. Tampilan notifikasi di Bot Telegram secara *real-time*

Selain output visual, sistem juga dirancang untuk memberikan peringatan audio yang berjenjang. Pada kondisi "Aman", tidak ada suara yang dikeluarkan. Ketika suhu memasuki level "Siaga", sistem akan mengeluarkan notifikasi suara “Siaga-siaga! Suhu berada diantara 33 sampai 36 derajat celcius”. Peringatan meningkat pada level "Waspada" dengan notifikasi suara “Waspada-waspada! Suhu berada diantara 37 sampai 40 derajat celcius”. Puncaknya, pada level "Bahaya", sistem memberikan peringatan paling tegas dengan suara “Bahaya-bahaya! Suhu berada di atas 40 derajat celcius”. Selain LCD dan audio, prototipe ini juga terhubung ke Bot Telegram yang sudah dihubungkan ke Node B dan ketika input suhu dan kelembapan sudah diterima, pesan notifikasi akan muncul dan berisi “Suhu: (Sesuai yang dibaca oleh DHT22) °C, Lembab: (Sesuai yang dibaca oleh DHT22) %, dan Status yang sesuai dengan suhu yang dibaca.

Hasil dari pengujian fungsional sistem peringatan dini ini disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian fungsional sistem peringatan

No.	Suhu asli (°C)	Suhu diterima alat (°C)	Tampilan LCD	Notifikasi Suara	Pesan di Bot Telegram
1.	22,09	22,10	Suhu: 22,10 C Status: Aman	-	Suhu: 22,10°C Lembab: 20,50% Status: Aman
2.	34,15	34,10	Suhu: 34,10 C Status: Siaga	“Siaga-siaga! Suhu berada diantara 33 sampai 36 derajat celcius”	Suhu: 34,10°C Lembab: 40,50% Status: Siaga
3.	39,52	39,50	Suhu: 39,50 C Status: Waspada	“Waspada-waspada! Suhu berada diantara 37 sampai 40 derajat celcius”	Suhu: 39,50°C Lembab: 44,07% Status: Waspada
4.	41,00	41,00	Suhu: 41,00 C Status: Bahaya	“Bahaya-bahaya! Suhu berada di atas 40 derajat celcius”	Suhu: 41,00°C Lembab: 46,06% Status: Bahaya

Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa prototipe sistem peringatan dini *Heat Stroke* telah berfungsi 100% sesuai dengan rancangan. Setiap tingkatan suhu yang diujikan berhasil memicu output visual (Tampilan LCD), output audio (Notifikasi Suara), output pesan (Pesan Telegram) yang tepat dan sesuai, seperti:

1. Pada suhu 22.09°C, sistem dengan benar mengidentifikasi kondisi sebagai "Aman" dan hanya menampilkan suhu dan memberikan pesan di Telegram tanpa notifikasi suara.
2. Pada suhu 34.15°C, sistem secara akurat beralih ke mode "Siaga", menampilkan status di LCD, memberikan pesan di Telegram dan mengaktifkan peringatan suara level "Siaga".
3. Pada suhu 39.52°C, sistem berhasil menampilkan status "Waspada" dan mengeluarkan notifikasi suara untuk level "Waspada".
4. Pada suhu 41.00°C, sistem memberikan respon tertinggi yaitu status "Bahaya" dengan peringatan suara yang paling mendesak sesuai dengan suara level "Bahaya".

Tahap pengujian selanjutnya yaitu pengujian Bandwidth internet yang digunakan sebagai komunikasi dari prototipe ke Telegram. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian Bandwidth Internet

No.	Bandwidth	Keterangan
1.	13 Mbps	Terhubung
2.	8 Mbps	Terhubung
3.	2 Mbps	Terhubung
4.	1,6 Mbps	Tidak Terhubung

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa Prototype alat dapat berja dengan baik pada badwith internet minimal 2 Mbps.

Juga prototipe ini diuji untuk jarak antara Node A dan Node B, hasil dari pengujiannya adalah: antara Node A dan Node B bisa sejauh 30 m.

Kesesuaian antara input suhu dengan output sistem ini membuktikan bahwa alur logika pada mikrokontroler ESP 8266 telah diimplementasikan dengan benar dan seluruh komponen yang ada (LCD, DFPlayer, Speaker, dan Telegram) bekerja secara baik. Dengan demikian, pengujian fungsional ini menyatakan bahwa prototipe alat telah berhasil dan siap untuk tahap implementasi.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menghasilkan sebuah prototipe Wireless Sensor Network (WSN) dua node yang fungsional untuk peringatan dini *Heat Stroke*. Secara teknis, sensor DHT22 terbukti akurat dengan rata-rata selisih 0,48°C. Sistem notifikasi 4-level yang baru (Aman <33°C, Siaga 33-36°C, Waspada 37-40°C, Bahaya >40°C) telah teruji dan berfungsi 100% sesuai rancangan. Logika diferensiasi notifikasi, di mana status "Aman" hanya mengirim log Telegram sementara status bahaya lainnya mengaktifkan LCD, speaker, dan Telegram, berjalan dengan sukses. Prototipe ini dapat mengirim notifikasi dengan bandwidth internet minimal 2 Mbps. Prototipe ini diterima dengan sangat baik oleh 30 petani di Tirtayasa, yang menganggap alat ini relevan, mudah dipahami, dan menjawab kebutuhan keselamatan kerja di lapangan. Masukan pengguna untuk daya tahan casing dan baterai menjadi catatan penting untuk pengembangan selanjutnya.

Jadi, bisa disimpulkan bahwa prototipe ini bukan hanya berhasil di atas kertas, tetapi juga punya potensi nyata untuk diterapkan dan digunakan langsung oleh masyarakat yang membutuhkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ms. Sheena Ramazanu, Ph.d, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Serang Raya atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada rekan-rekan di Laboratorium Komputer Universitas Serang Raya atas diskusi dan masukan teknis yang membangun selama tahap pengembangan prototipe.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Fatkhullah, I. Mulyani, A. S. Dewi, M. A. F. Habib, and A. Reihan, "Strategi Komunikasi dalam Mengatasi Perubahan Iklim melalui Pelibatan Masyarakat Communication," *J. Komun. Pembang.*, vol. 21, no. 01, pp. 17–33, 2023, doi: 10.46937/21202341909.
- [2] S. Yezli, S. Ehaideb, Y. Yassin, B. Alotaibi, and A. Bouchama, "Escalating climate-related health risks for Hajj pilgrims to Mecca," *J. Travel Med.*, vol. 31, no. 4, pp. 1–9, 2024, doi: 10.1093/jtm/taae042.

- [3] R. Aulia, D. Mayasari, and F. Saftarina, "Dampak Paparan Panas di Lingkungan Kerja Terhadap Kesehatan Pekerja," *Medula*, vol. 13, no. 3, pp. 239–246, 2023.
- [4] A. H. Nicole T. Vargas, Zachary J. Schlader, Ollie Jay, "Prioritize research on human behaviour during extreme heat," *Nat. Hum. Behav.*, vol. 7, pp. 473–474, 2023.
- [5] W. Haryono, "Studi: Hampir 50.000 Kematian di Eropa Sepanjang 2023 Terkait Suhu Panas," *metrotvnews.com*. Accessed: Jul. 31, 2025. [Online]. Available: <https://www.metrotvnews.com/read/b3JCrn40-studi-hampir-50-000-kematian-di-eropa-sepanjang-2023-terkait-suhu-panas>
- [6] V. Pinandhita, "Marak Heatstroke negara Panas Eskstrem, India Waswas Banyak Korban Tak Terlaporkan," *healt.detik.com*. Accessed: Jul. 31, 2025. [Online]. Available: <https://health.detik.com/berita-detikhealth/d-6761704/marak-heatstroke-gegara-panas-esktrem-india-waswas-banyak-korban-tak-terlaporkan>
- [7] C. INDONESIA, "1.000 Jemaah Haji Meninggal Dunia Imbas Panas Ekstrem di Saudi," *cnnindonesia.com*. Accessed: Jul. 31, 2025. [Online]. Available: <https://www.cnnindonesia.com/internasional/20240620171806-120-1112055/1000-jemaah-haji-meninggal-dunia-imbas-panas-ekstrem-di-saudi>
- [8] N. Christiastuti, "30 Orang Tewas Akibat Cuaca Panas Ekstrem di Thailand," *detik.com*. Accessed: Jul. 31, 2025. [Online]. Available: <https://www.detik.com/jabar/berita/d-7310390/30-orang-tewas-akibat-cuaca-panas-ekstrem-di-thailand>
- [9] W. Haryono, "Gelombang Panas Eropa, Spanyol Cetak Rekor Temperatur 46 Derajat Celcius," *metrotvnews.com*.
- [10] K. W. Indonesian, "Angka Kematian Akibat Penyakit Cuaca Panas Meningkatkan Tiga Kali Lipat," *world.kbs.co.kr*. Accessed: Jul. 31, 2025. [Online]. Available: https://world.kbs.co.kr/service/news_view.htm?lang=i&Seq_Code=78523
- [11] A. Amran, B. Amin, and S. Anita, "Analisis keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada pekerja di lingkungan Minas Gas Turbine (MGT) PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI), Minas," *SEHATI J. Kesehat.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2021, doi: 10.52364/sehati.v1i1.5.
- [12] D. K. P. dan P. K. Serang, "Laporan Kinerja Instansi Pemerintah (LKIP)," Kab. Serang, 2024.
- [13] Y. Ruhiat and S. S. Purnomo, "Climate and Land Classification to Increase Agricultural Production in Banten Province, Indonesia," *J. Hunan Univ. (Natural Sci.)*, vol. 49, no. 1, pp. 84–92, 2022, doi: 10.55463/issn.1674-2974.49.1.11.
- [14] Supratono, "Analisis Heat Stress di Kota Yogyakarta Menggunakan Metode Temperature Humidity Index (THI)," Universitas Islam Indonesia, 2023.
- [15] A. I. Maharani, Y. J. Raihanah, and M. F. Mubien, "Efek kesehatan dampak suhu ekstrem panas di tempat kerja: Heat stroke," *Public Heal. Risk Assesment J.*, vol. 1, no. 2, pp. 115–120, 2024, doi: 10.61511/phraj.v1i2.2024.563.
- [16] A. Y. Yunus *et al.*, *Bencana Alam dan Manajemen Risiko Bencana*. Makassar: CV. Tohar Media, 2024. [Online]. Available: https://repository.unifa.ac.id/eprint/1136/1/22_buku_Bencana_Alam_Dan_Manajemen_Risiko_Bencana.pdf
- [17] P. D. Nugraha, R. Soekarta, and I. Amri, "Rancang Bangun Alat Monitoring Suhu Dan Kelembaban Berbasis Internet Of Things (IOT) Pada Gudang Obat Rumah Sakit Aryoko Sorong," *Framework*, vol. 2, no. 1, pp. 21–31, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/jiki/article/download/3044/1636/12421>
- [18] L. Ouyang, J. Ji, and Z. Liu, "[Research progress of heatstroke warning system]," *Chinese Crit. care Med.*, vol. 34, no. 7, pp. 777–781, 2022, doi: <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121430-20210831-01297>.
- [19] C. O. Yaldiz *et al.*, "Early Prediction of Impending Exertional Heat Stroke With Wearable Multimodal Sensing and Anomaly Detection," *IEEE J. Biomed. Heal. Informatics*, vol. 27, no. 12, pp. 5803–5814, 2023, doi: 10.1109/JBHI.2023.3323014.
- [20] M. Oberai *et al.*, "A digital heat early warning system for older adults," *npj Digit. Med.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–12, 2025, doi: 10.1038/s41746-025-01505-5.