

Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Suhu Ruangan Berbasis Esp32

Andy Aldyansyah^{1*}, Arga Alwi², Varel Deva Dewangga³, Pramono⁴

¹Teknik Informatika/Fakultas Ilmu
Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

^{1*}230103090@mhs.udb.ac.id (penulis
korespondensi)

² Teknik Informatika/Fakultas Ilmu
Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

²230103092@mhs.udb.ac.id (penulis
korespondensi)

³ Teknik Informatika/Fakultas Ilmu
Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

³230103120@mhs.udb.ac.id (penulis
korespondensi)

⁴ Teknik Informatika/Fakultas Ilmu
Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

⁴Pramono@udb.ac.id

Abstrak— Suhu dan kelembapan merupakan parameter penting dalam menentukan kenyamanan dan keamanan suatu ruangan tertutup. Pemantauan secara konvensional seringkali tidak efisien karena memerlukan kehadiran fisik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sistem pemantauan suhu dan kelembapan ruangan berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor DHT22. Sistem ini dilengkapi dengan aktuator berupa kipas pendingin yang dapat beroperasi secara otomatis berdasarkan ambang batas suhu maupun dikendalikan secara manual melalui aplikasi *smartphone*. Metode yang digunakan meliputi perancangan dan simulasi menggunakan platform Wokwi, implementasi perangkat keras fisik secara *real-time*, serta pengembangan antarmuka aplikasi *mobile* menggunakan *framework* Flutter. Komunikasi data dijemput oleh protokol MQTT melalui *broker* HiveMQ Cloud menggunakan Port 8883 (TLS). Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat keras fisik berhasil membaca dan mengirimkan data setiap 5 detik secara *real-time* tanpa hambatan jaringan. Pada mode otomatis, kipas menyala responsif ketika suhu melebihi 28.0°C. Aplikasi Android berhasil menampilkan antarmuka dinamis dan mengeksekusi kendali jarak jauh secara instan. Selain fitur kendali *real-time*, sistem ini juga diintegrasikan dengan modul kecerdasan buatan berbasis arsitektur *Long Short-Term Memory* (LSTM). Modul ini beroperasi secara *backend* untuk menganalisis data deret waktu (*time-series*) dari riwayat sensor guna mengenali pola temporal dan mendeteksi anomali suhu maupun kelembapan, yang kemudian memberikan peringatan dini langsung ke antarmuka pengguna. Kesimpulannya, sistem ini berhasil diimplementasikan dari tahap simulasi hingga purwarupa fisik yang beroperasi penuh.

Kata kunci— ESP32; Flutter; Internet of Things; MQTT; Real-Time; Long Short-Term Memory; LSTM; Time-Series.

Abstract— Temperature and humidity are important parameters in determining the comfort and safety of a closed room. Conventional monitoring is often inefficient because it requires physical presence. This study aims to design and build an Internet of Things (IoT)-based room temperature and humidity monitoring system using an ESP32 microcontroller and a DHT22 sensor. This system is equipped with an actuator in the form of a cooling fan that can operate automatically based on temperature thresholds or be controlled manually via a smartphone application. The methods used include design and simulation using the Wokwi platform, real-time physical hardware implementation, and mobile application interface development using the Flutter framework. Data communication is bridged by the MQTT protocol through the HiveMQ Cloud broker using Port 8883 (TLS). The test results show that the physical hardware successfully reads and sends data every 5 seconds in real-time without network constraints. In automatic mode, the fan turns on responsively when the temperature exceeds 28.0°C. The Android application successfully displays a dynamic interface and executes remote control instantly. In addition to the real-time control features, this system is also integrated with an artificial intelligence module based on the Long Short-Term Memory (LSTM) architecture. This module operates in the backend to analyze time-series data from the sensor's history to recognize temporal patterns and detect temperature and humidity anomalies, which then provides early warnings directly to the user interface. In conclusion, this system has been successfully implemented from the simulation stage to a fully operational physical prototype.

Keywords — ESP32; Flutter; Internet of Things; MQTT; Real-Time; Long Short-Term Memory; LSTM; Time-Series.

I. PENDAHULUAN

Kualitas udara dalam ruangan, termasuk suhu dan kelembapan, memiliki dampak yang sangat signifikan terhadap kenyamanan fisik, produktivitas, serta kesehatan manusia. Pada ruangan dengan kebutuhan khusus, seperti ruang kerja tertutup atau ruang server, fluktuasi suhu yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan perangkat keras dan ketidaknyamanan operasional. Pemantauan suhu secara konvensional umumnya masih menggunakan penyejuk udara manual yang mengharuskan staf berada di lokasi fisik untuk melakukan pengecekan dan penyesuaian, yang mana hal ini dinilai sangat tidak efisien. Teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi konkret dengan memungkinkan perangkat keras untuk mengirimkan data sensor secara *real-time* jarak jauh melalui koneksi internet. Meskipun beberapa penelitian terdahulu telah mengimplementasikan pemantauan suhu berbasis IoT, mayoritas sistem tersebut masih sebatas pada visualisasi data pasif atau kontrol satu arah. Terdapat *gap* penelitian terkait optimalisasi sistem kontrol yang responsif dan fleksibel, yang dipadukan dengan keamanan transmisi data tingkat tinggi pada mikrokontroler berbiaya rendah. Lebih jauh, pemantauan batas ambang suhu secara statis memiliki kelemahan dalam mengenali pola lonjakan iklim yang tidak wajar. Oleh karena itu, integrasi *Machine Learning* menjadi krusial. Penelitian ini mengimplementasikan algoritma *Long Short-Term Memory* (LSTM) sebagai *backend worker* yang bertugas menganalisis riwayat data secara otomatis. LSTM dipilih karena keunggulannya dalam memproses dan mengingat data deret waktu (*time-series*). Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk mempelajari pola temporal yang normal dari lingkungan, sehingga dapat mendeteksi kondisi abnormal secara cerdas dan memberikan peringatan dini (*early warning*) pada antarmuka aplikasi.

Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan rancang bangun sistem monitoring dan kontrol sirkulasi udara (kipas) berbasis mikrokontroler ESP32 dan sensor suhu kelembapan DHT22. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada kapabilitas "Dua Mode" (*Dual-Mode*) kontrol pada aktuator kipas. Pengguna dapat membiarkan kipas berjalan secara otomatis saat suhu melebihi 28°C, atau mengambil alih kendali secara penuh (mode manual) melalui aplikasi *mobile* berbasis Android yang dibangun menggunakan *framework* Flutter. Untuk menjamin keamanan dan keandalan operasional, seluruh pertukaran data ditransmisikan menggunakan protokol MQTT melalui *broker* HiveMQ Cloud dengan tingkat keamanan tinggi (Port 8883/TLS).

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode purwarupa (*prototyping*) yang dipecah ke dalam beberapa tahapan sistematis untuk memastikan sistem bekerja sesuai target:

- 1. Analisis Kebutuhan Data dan Parameter:** Sistem membutuhkan input data lingkungan yang dikumpulkan melalui sensor DHT22. Parameter pengujian difokuskan pada pembacaan Suhu (dalam satuan derajat Celcius) dan Kelembapan (dalam persentase). Selain itu, sistem memerlukan data status logika aktuator (ON/OFF/AUTO) yang dikirimkan antara aplikasi dan mikrokontroler.
- 2. Arsitektur dan Cara Kerja Sistem:** Sistem dirancang dengan alur kerja terpusat (*client-broker-client*). Cara kerja sistem dimulai dari pembacaan kondisi lingkungan oleh sensor DHT22, data tersebut kemudian diproses oleh ESP32 untuk menentukan status LED dan kipas lokal, lalu dikirimkan (Publish) via protokol MQTT ke *broker* HiveMQ. Aplikasi *mobile* kemudian berlangganan

(Subscribe) ke *broker* untuk menampilkan data tersebut. Alur arsitektur ini dapat dilihat pada Diagram Blok berikut:



Gambar 4. Diagram Block

3. Perancangan Perangkat Keras (Perakitan dan Simulasi): Sebelum diimplementasikan pada perangkat fisik, logika kelistrikan divalidasi menggunakan Wokwi Simulator. Prototipe akhir menggunakan papan pengembangan ESP32.

4. Perancangan Perangkat Lunak: Aplikasi antarmuka pengguna dibangun secara adaptif menggunakan *framework* Flutter untuk menyediakan kapabilitas pemantauan dan kontrol.

5. Skenario Pengujian dan Analisis: Pengujian dilakukan dengan dua skenario utama: pengujian stabilitas pengiriman data sensor secara *real-time* ke server dengan mencatat *delay*, serta pengujian fungsionalitas respons kipas terhadap kontrol "Dual-Mode" (Auto vs Manual). Data dianalisis dengan membandingkan respons aktuator terhadap ambang batas parameter (suhu > 28°C).

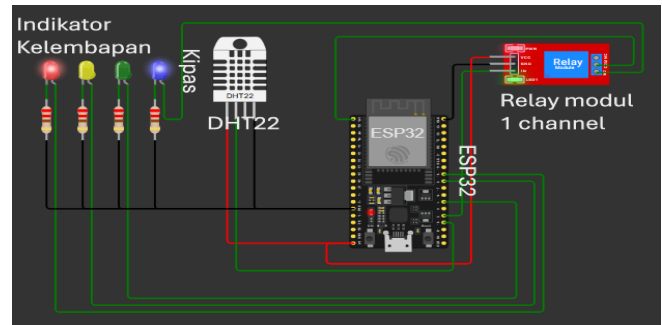
a. Perancangan Perangkat Keras (Simulasi Wokwi)

Prototipe perangkat keras dibangun menggunakan papan pengembangan ESP32.

Tabel 1. Tabel Konfigurasi Pin (Pin Mapping) Perangkat Keras

Nama Komponen	Fungsi	Pin ESP32
Sensor DHT22	Mendeteksi Suhu & Kelembapan	Pin 15
Relay/Kipas	Relay sebagai saklar Kipas, Kipas untuk mendinginkan ruangan	Pin 2
LED Hijau	Monitor Kelembapan	Pin 4
LED Kuning	Monitor Kelembapan	Pin 5
LED Merah	Monitor Kelembapan	Pin 18

Rangkaian ini disimulasikan menggunakan platform Wokwi Simulator untuk memvalidasi logika kelistrikan sebelum Pembuatan bentuk fisik



Gambar 1. Simulasi alat di Wokwi.com

b. Perancangan Aplikasi (Frontend Flutter)

Aplikasi antarmuka pengguna dibangun menggunakan *framework* Flutter. Aplikasi dirancang agar adaptif dan memiliki dua halaman utama:

- *Home Page*: Berguna untuk memantau dan mengendalikan kipas pendingin sesuai pengguna, bisa digunakan secara manual juga, dan ada indikator Online/Offline jika terhubung atau belum terhubung dengan server



Gambar 2. Home Page

- **History Page:** Riwayat dipergunakan untuk melihat hasil kerja dari sensor DHT22 beserta log informasi waktu



Gambar 3. History Page

c. **Arsitektur Komunikasi MQTT**

ESP32 dihubungkan ke jaringan Wi-Fi untuk mengakses internet. Pertukaran data menggunakan protokol Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) melalui server HiveMQ Cloud. Terdapat beberapa topik (topic) langganan (subscribe/publish) untuk mengelola data dari ESP32, menerima kontrol kipas ("ON", "OFF", atau "AUTO"), serta menyelaraskan status kipas fisik dengan antarmuka UI aplikasi.

d. **Implementasi Machine Learning (Deteksi Anomali dengan LSTM)**

Untuk meningkatkan kapabilitas analisis data, sistem dilengkapi dengan model *Deep Learning* menggunakan arsitektur *Long Short-Term Memory* (LSTM). Sistem deteksi ini dirancang sebagai *backend worker* dengan alur kerja berikut:

1. **Pengumpulan Data:** Skrip secara periodik menarik kumpulan data terekam secara berurutan (*sequence*) dari *database* Firestore.
2. **Pemrosesan Sekuensial:** Data diformat menjadi *sequence* waktu agar model LSTM dapat mempelajari tren historis

dari ruangan tersebut sebelum melakukan prediksi.

3. **Prediksi dan Deteksi Anomali:** Model memproses data mutakhir. Jika nilai suhu dan kelembapan saat ini memiliki penyimpangan yang signifikan dari pola *time-series* yang dipelajari, maka kondisi tersebut diklasifikasikan sebagai anomali.
4. **Pembaruan Status:** Hasil prediksi dikirim kembali ke Firestore untuk divisualisasikan secara instan pada aplikasi Flutter.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menguraikan hasil dari simulasi logika mikrokontroler, fungsionalitas sistem IoT, dan keandalan komunikasi data

A. **Pengujian logika mikrokontroler dan sensor**

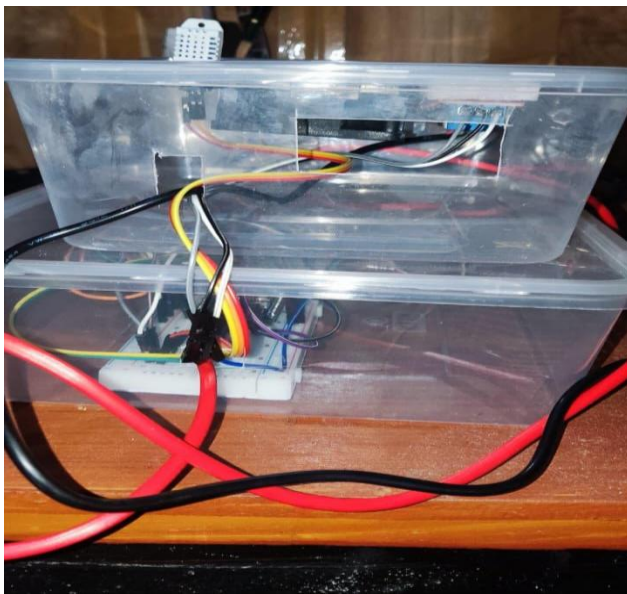
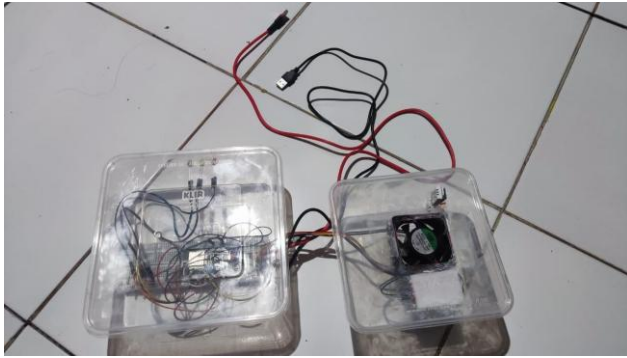
Pada pengujian kode C++ di ESP32, sensor DHT22 diprogram untuk mengambil sampel data setiap 5000 milidetik (5 detik) untuk menghindari pemblokiran jaringan. Data ini diterjemahkan ke dalam kondisi visual tiga buah LED.

Tabel 2. Tabel Skenario Logika Sistem

Parameter	Kondisi Pembacaan	Aksi Perangkat
Suhu	28°C	Relay/Kipas ON
Kelembapan	40%	LED Hijau ON
Kelembapan	40-60%	LED Kuning ON
Kelembapan	60%	LED Merah ON

B. **Pengujian Perangkat Keras Fisik secara Real-Time**

Pengujian real-time memvalidasi kemampuan alat mempertahankan koneksi dan mengirim payload MQTT secara terus-menerus. Hasil pengujian fisik menunjukkan bahwa sensor DHT22 mampu membaca perubahan suhu dan kelembapan secara akurat, dan memublikasikannya secara konsisten.



Gambar 5. Rangkaian fisik ESP32

Tabel 3. Tabel Pengujian Pengiriman Data *Real-Time*

Waktu Pengiriman Data	Payload Suhu (°C)	Payload Kelembapan (%)	Waktu Diterima di Aplikasi	Delay	Status (Berhasil/Gagal)
21:38:59	31.8	74.2%	21:39:01	2 detik	Berhasil
21:39:59	31.9	74.2%	21:40:03	4 detik	Berhasil
21:40:29	31.9	73.9%	21:40:31	2 detik	Berhasil
21:41:59	32	74%	21:42:02	3 detik	Berhasil
21:42:59	32	74.1%	21:43:01	2 detik	Berhasil

C. implementasi sistem kontrol mode ganda (dual mode)

fungsi kontrol pada esp32 dipanggil dalam setiap putaran memori utama (void loop), sehingga respon kipas terhadap perintah mqtt menjadi instan. saat aplikasi mengatur mode otomatis (auto), kipas patuh pada suhu lingkungan ($> 28^{\circ}\text{C}$). intervensi toggle dari aplikasi akan langsung mengubah status menjadi mode manual secara sepihak dan memutus logika otomatis.

Tabel 4. Tabel Pengujian Respon *Dual-Mode*

Kondisi Lingkungan	Status Aplikasi(Mode)	Aksi User	Respon Kipas	Keterangan(Sesuai/Tidak Sesuai)
Suhu Ruangan 25°C	Mode Auto	Tidak ada Aksi	Tidak Menyala	Sesuai
Suhu Ruangan 29°C	Mode Manual	Toggle Kipas Mati	Tidak Menyala	Sesuai
Suhu Ruangan 29°C	Mode Auto	Tidak ada	Kipas Menyala	Sesuai

D. Pengujian Konektivitas dan Aplikasi Mobile

Penggunaan Port 8883 dengan protokol keamanan TLS memastikan integritas data saat aplikasi mengakses internet. Aplikasi merespons konektivitas alat (Online/Offline) kurang dari 2 detik dengan antarmuka dinamis.

E. Analisis Hasil dan Keterbatasan Sistem

Berdasarkan serangkaian pengujian di atas, kinerja sistem telah dievaluasi dan berhasil memenuhi target penelitian, yaitu mengurangi ketergantungan pada pengecekan suhu secara manual. Dibandingkan dengan sistem pada penelitian terdahulu yang mayoritas hanya menyediakan pemantauan pasif secara searah, sistem ini menawarkan keunggulan berupa kontrol mode ganda (*dual-mode*). Perintah dari aplikasi *mobile* terbukti mengubah status aktuator secara sepihak dan memutuskan logika otomatis dengan *delay* yang sangat minim (kurang dari 2 detik).

Namun demikian, sistem ini memiliki keterbatasan, yakni ketergantungan absolut pada kestabilan jaringan Wi-Fi lokal. Jika koneksi internet terputus, ESP32 tidak dapat menerima intervensi kontrol manual maupun memublikasikan data ke aplikasi, meskipun logika pendinginan otomatis pada *hardware* akan tetap berjalan mandiri.

F. Pengujian Deteksi Anomali (Machine Learning - LSTM)

Pengujian skrip *backend* LSTM menunjukkan responsivitas yang baik terhadap fluktuasi data *time-series*. Algoritma LSTM terbukti handal mempelajari pola fluktuasi suhu dan kelembapan wajar. Saat simulasi lonjakan suhu ekstrem diberikan (suhu naik drastis seketika), model LSTM dengan akurasi tinggi mengidentifikasi anomali tersebut dan memicu peringatan dini. Keunggulan metode LSTM dalam sistem ini

adalah meminimalisasi *false alarm* (peringatan palsu) pada kenaikan suhu bertahap yang normal (misalnya perubahan suhu siang hari), karena model telah mengingat pola temporal tersebut sebagai kondisi wajar.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan sebuah sistem monitoring dan kontrol suhu kelembapan ruangan berbasis IoT secara end-to-end, mulai dari tahap simulasi hingga implementasi perangkat keras fisik secara real-time. Mikrokontroler ESP32 terbukti tangguh dalam mengolah pembacaan sensor DHT22 fisik dan menerjemahkannya ke dalam aksi aktuator secara responsif. Kendala pemblokiran port jaringan berhasil diatasi, memastikan protokol MQTT (HiveMQ) menyediakan transmisi yang stabil dan aman. Aplikasi mobile yang dirancang menggunakan framework Flutter memberikan visualisasi data yang mulus setiap 5 detik sekali, serta memberikan otonomi penuh bagi pengguna untuk mematikan atau menyalakan kipas dari jarak jauh secara instan (dual-mode). Sistem ini sangat prospektif untuk diterapkan pada ruang operasi server, laboratorium, maupun infrastruktur smart home yang membutuhkan pemantauan iklim mikro yang presisi.

Selain kapabilitas kontrol fisik, implementasi kecerdasan buatan berbasis arsitektur *Long Short-Term Memory* (LSTM) pada *backend* juga berjalan dengan sukses. Sistem mampu mempelajari pola deret waktu (*time-series*) sensor untuk mendeteksi anomali iklim ruangan secara akurat dan mengirimkan peringatan *real-time*. Hal ini memberikan sistem aspek pemeliharaan prediktif (*predictive maintenance*) yang cerdas.

Saran: Untuk pengembangan sistem di masa depan, disarankan untuk mengimplementasikan sensor suhu tingkat industri yang memiliki toleransi kalibrasi lebih presisi dibandingkan DHT22. Aplikasi *mobile* juga dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur notifikasi *push* otomatis yang aktif di latar belakang aplikasi (*background*

service) untuk memberikan peringatan dini (*alert*) seketika saat suhu berada di titik kritis, serta penambahan sistem cadangan (*backup network*) seluler pada perangkat keras untuk mengantisipasi gangguan jaringan Wi-Fi.

REFERENSI

- [1] M. Benammar, A. Abdaoui, S. H. M. Ahmad, F. Touati, and A. Kadri, "A Modular IoT Platform for Real-Time Indoor Air Quality Monitoring," *Sensors*, vol. 18, no. 2, p. 581, 2018.
- [2] F. A. Deswar and R. Pradana, "Monitoring Suhu Pada Ruang Server Menggunakan Wemos D1 R1 Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Jurnal Ilmiah Technologia*, vol. 12, no. 1, p. 25, 2021.
- [3] D. Sasmono and A. Mahendra, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis IoT dan SMS Gateway Menggunakan Arduino," *Jurnal Simetris*, vol. 8, no. 2, pp. 469-476, 2017.
- [4] F. Kusuma and S. Waluyo, "Prototipe Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Ruang Server Berbasis IoT ESP32 dan DHT22," *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI)*, vol. 4, no. 2, pp. 122-129, 2025.
- [5] R. Duyo and I. Mahjud, "Implementasi Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban di Ruang Server Berbasis ESP32 dengan Protokol MQTT dan Integrasi Node-RED di PT Semen Tonasa," *Global Research and Innovation Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 1668-1677, 2026.
- [6] Supriyanto and N. D. Setiawan, "Rancang Bangun Sistem Real-Time Monitoring Suhu dan Kelembaban Menggunakan ESP32," *ELKOM (Jurnal Elektronika dan Komputer)*, e-ISSN: 2714-5417.
- [7] "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Pengendalian Lingkungan Ruang Kelas Berbasis IOT Menggunakan ESP32," *Journal Sains Student Research*, 2026.
- [8] F. Khobariah, P. D. S. Hermawan, and R. S. Kusumadiarti, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Ruang Server Berbasis Wemos D1," *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 7, no. 1, pp. 32-42, 2022.
- [9] "Designing A Room Comfort Measurement Tool Based on ESP32 Microcontroller for Thermal, Auditory and Visual Comfort," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1359, no. 1, 2024.
- [10] Dwi Setiawan N, "ELKOM (Jurnal Elektronika dan Komputer) Rancang Bangun Sistem Real-Time Monitoring Suhu dan Kelembaban Menggunakan ESP32," *Jurnal Elektronika dan Komputer*, 2025