

Rancang Bangun Sistem Digital Pemantau Suhu dan Kelembaban Ruang Server Berbasis IoT

Rolly Gios Sholid¹⁾, H Yanto²⁾, Hawari Alhaq³⁾, Satria Danang Wijanarko⁴⁾

¹⁾Universitas Merangin

²⁾Universitas Muaro Bungo

³⁾Universitas Merangin

⁴⁾Universitas Merangin

Corresponding Author: ¹⁾rgsholid123@gmail.com

Article Info

Article history:

Received: 2 Juli 2025

Revised: 30 Juli 2025

Accepted: 5 Agustus 2025

Published: 19 Agustus 2025

Keywords:

Internet of Things

ESP32

DHT22

Server Room

Environmental Monitoring

ABSTRACT (10 PT)

Server rooms require strict temperature and humidity control to ensure the stability, reliability, and longevity of electronic devices. Excessive heat or uncontrolled moisture may lead to hardware degradation, reduced system performance, and potential service interruptions. To address these challenges, this study presents the design and implementation of an IoT-based digital monitoring system that integrates an ESP32 microcontroller with a DHT22 temperature-humidity sensor. The collected data are transmitted via Wi-Fi to the ThingSpeak cloud platform, where they are stored, processed, and visualized in real time. The research method covers hardware prototyping, firmware programming, and a 24-hour continuous simulation to evaluate system performance. Experimental results indicate that the monitoring system successfully records temperature variations within the range of 22–30°C and relative humidity levels between 45–65%. When validated against a calibrated reference device, the system achieves an average measurement error of 0.6°C for temperature and 2.1% RH for humidity, which demonstrates adequate precision for server room applications. In terms of communication performance, the data upload to ThingSpeak shows an average latency of 1.2 seconds with a transmission success rate of 99%, ensuring reliable remote accessibility. Furthermore, the system is equipped with configurable alarm thresholds that provide early warnings whenever the environmental conditions exceed safe operating limits. Overall, the proposed IoT-based monitoring design proves to be a feasible, scalable, and low-cost solution for server room environments. It not only supports preventive maintenance by enabling timely detection of anomalies but also offers a practical model for extending digital monitoring to other critical facilities where environmental stability is essential.

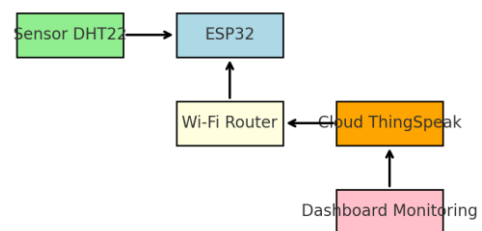


This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY SA 4.0)

1. INTRODUCTION

Infrastruktur jaringan dan pusat data memerlukan kondisi lingkungan yang stabil untuk menjamin keandalan layanan. Perubahan suhu dan kelembaban yang signifikan dapat menyebabkan throttling, error perangkat, bahkan kegagalan sistem.

Sistem pemantauan berbasis IoT menawarkan pengukuran real-time dan notifikasi dini. Penelitian ini memanfaatkan ESP32 dan DHT22, integrasi ThingSpeak, serta ambang batas adaptif untuk pemicu alarm. Tujuan: merancang sistem, mengintegrasikan transmisi data cloud, dan mengevaluasi akurasi, latensi, serta reliabilitas transmisi pada skenario simulasi 24 jam.



Gambar. 1 diagram alur sistem monitoring berbasis IoT

Gambar tersebut menggambarkan arsitektur sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang untuk memantau kondisi suhu dan kelembapan ruangan secara real-time. Proses dimulai dari sensor DHT22 yang berfungsi mendeteksi nilai suhu dan kelembapan lingkungan. Data hasil pengukuran dari sensor kemudian dikirim ke mikrokontroler ESP32, yang berperan sebagai pusat pemrosesan awal sekaligus penghubung dengan jaringan internet. ESP32 dilengkapi modul Wi-Fi sehingga dapat mentransmisikan data ke Wi-Fi Router.

Router ini menjadi jalur komunikasi utama untuk menghubungkan perangkat ESP32 dengan server berbasis cloud. Data yang dikirim melalui router akan disimpan dan dikelola di Cloud ThingSpeak, yaitu platform penyimpanan dan analisis data IoT. Selanjutnya, ThingSpeak menampilkan data dalam bentuk visualisasi grafik, tabel, maupun indikator digital yang dapat diakses pada Dashboard Monitoring. Dengan alur ini, pengguna dapat dengan mudah mengawasi perubahan suhu dan kelembapan secara berkelanjutan, kapan saja dan di mana saja, tanpa harus berada langsung di lokasi. Sistem ini tidak hanya memudahkan proses pemantauan, tetapi juga meningkatkan efisiensi pengelolaan ruangan, misalnya ruang server atau laboratorium, yang membutuhkan kondisi lingkungan stabil untuk menjaga kinerja perangkat.

2. MATERIALS AND METHODS

Perangkat keras utama yang digunakan dalam sistem monitoring ini terdiri atas ESP32, sensor DHT22, serta catu daya 5V sebagai sumber energi untuk keseluruhan rangkaian. Pemilihan ESP32 didasarkan pada keunggulannya yang memiliki kemampuan pemrosesan cukup tinggi, dukungan konektivitas Wi-Fi terintegrasi, serta konsumsi daya yang relatif efisien, sehingga sangat sesuai untuk aplikasi Internet of Things (IoT). Sensor DHT22 dipilih karena mampu memberikan pengukuran suhu dan kelembapan dengan tingkat akurasi yang cukup baik, resolusi data yang detail, serta harga yang ekonomis. Catu daya 5V digunakan untuk menjamin kestabilan suplai energi selama sistem beroperasi, baik dalam kondisi pengambilan data maupun saat pengiriman data ke server cloud. Sistem dirancang dengan interval pengambilan sampel 60 detik, yang dinilai optimal untuk memantau dinamika perubahan suhu dan kelembapan tanpa membebani jaringan dengan lalu lintas data berlebihan.

Pada sisi perangkat lunak, sistem ini dibangun dengan menggunakan Arduino framework, yang memberikan fleksibilitas dalam pemrograman serta dukungan pustaka (library) yang luas untuk komunikasi sensor maupun integrasi jaringan. Untuk meningkatkan kualitas data, diterapkan filter rata-rata bergerak (moving average) dengan ukuran jendela 3,

sehingga nilai yang dikirim ke server lebih stabil, terhindar dari fluktuasi ekstrem, serta lebih representatif terhadap kondisi lingkungan sebenarnya. Tahapan kerja sistem secara keseluruhan dimulai dari pembacaan data sensor DHT22, kemudian hasil pembacaan melewati proses pra-pemrosesan pada ESP32, selanjutnya data dikirim ke server menggunakan protokol HTTP melalui jalur koneksi Wi-Fi, dan akhirnya data tersimpan di platform ThingSpeak. ThingSpeak tidak hanya berfungsi sebagai media penyimpanan, melainkan juga menyediakan fitur visualisasi dalam bentuk dashboard berupa grafik, tabel, maupun indikator numerik yang dapat diakses secara daring melalui komputer maupun perangkat bergerak.

Dalam implementasi sistem ini, ditetapkan ambang batas aman sebesar 18–27°C untuk suhu dan 40–60% RH untuk kelembapan. Rentang ini merujuk pada standar kenyamanan termal sekaligus menjaga stabilitas perangkat elektronik yang biasanya rentan terhadap kondisi lingkungan ekstrem. Apabila hasil pembacaan sensor berada di luar ambang batas tersebut, maka sistem akan memicu alarm peringatan, baik dalam bentuk notifikasi maupun indikator lain yang dirancang agar pengguna segera menyadari adanya potensi masalah. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring pasif, melainkan juga memiliki peran aktif dalam mendukung deteksi dini (early warning system) terhadap kondisi lingkungan yang berisiko.

Untuk menguji keandalan sistem, dilakukan simulasi selama 24 jam penuh di lingkungan laboratorium, di mana kondisi suhu dan kelembapan diatur dengan menambahkan sumber panas buatan. Tujuannya adalah untuk memberikan variasi kondisi lingkungan yang lebih luas, sehingga performa sensor, mikrokontroler, dan sistem komunikasi dapat dievaluasi secara menyeluruh. Hasil pembacaan sistem kemudian dibandingkan dengan alat referensi berupa termohigrometer pabrikan, yang digunakan sebagai acuan kebenaran (ground truth) dalam pengukuran. Evaluasi kinerja sistem mencakup beberapa metrik penting, yaitu: Mean Absolute Error (MAE) untuk menilai tingkat akurasi sensor dalam mengukur suhu dan kelembapan, latensi unggah data untuk mengetahui jeda waktu antara pembacaan data dan tampilnya data di dashboard ThingSpeak, serta tingkat keberhasilan transmisi data untuk menghitung seberapa besar persentase data yang berhasil dikirim tanpa error atau kehilangan paket.

Berdasarkan metodologi tersebut, sistem ini tidak hanya dievaluasi dari sisi akurasi sensor, tetapi juga dari keandalan transmisi data, respon waktu sistem, dan stabilitas kinerja selama pemantauan jangka panjang. Hal ini penting karena aplikasi monitoring berbasis IoT tidak hanya dituntut mampu membaca kondisi fisik secara tepat, tetapi juga harus

menjamin bahwa data dapat diakses secara konsisten, real-time, dan bebas dari gangguan. Dengan demikian, pengembangan sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi praktis sekaligus andal untuk pemantauan kondisi lingkungan, khususnya pada ruang-ruang yang memerlukan kontrol ketat seperti server room, laboratorium, atau ruang penyimpanan perangkat sensitif.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Secara keseluruhan, sistem digital yang dikembangkan berhasil memenuhi tujuan penelitian: (1) melakukan pemantauan suhu dan kelembaban secara real-time, (2) mengirimkan data ke layanan cloud untuk visualisasi dan pencatatan, serta (3) menyediakan mekanisme notifikasi berbasis threshold. Implementasi pada ruang server skala kecil hingga menengah dapat dilakukan tanpa modifikasi signifikan, menjadikannya solusi yang praktis, ekonomis, dan mudah diadopsi.

Dibandingkan dengan penelitian Chan & Singh (2020) yang menggunakan Raspberry Pi sebagai pengendali, rancangan ini memiliki keunggulan pada konsumsi daya yang lebih rendah dan biaya komponen yang lebih murah, namun tetap mampu memberikan kinerja yang setara untuk aplikasi pemantauan. Keterbatasan sistem ini terletak pada ketergantungan terhadap konektivitas Wi-Fi; gangguan jaringan dapat menghambat transmisi data ke cloud. Oleh karena itu, pada penelitian lanjutan, integrasi dengan penyimpanan lokal sementara (local buffering) dan opsi komunikasi alternatif seperti LoRa atau GSM dapat menjadi solusi.

Bagan alur kerja sistem (Gambar 3) memperlihatkan proses terstruktur dari pembacaan sensor, pemrosesan data, pengiriman ke cloud, hingga pengecekan ambang batas untuk notifikasi. Desain alur kerja yang sederhana namun efektif ini memudahkan proses troubleshooting dan pengembangan sistem di masa depan.

Grafik hasil pengujian (Gambar 2) menunjukkan adanya fluktuasi suhu dan kelembaban yang mengikuti siklus aktivitas beban perangkat dan pendingin ruangan. Pada pukul 08:00 hingga 12:00, suhu meningkat signifikan hingga mencapai 30°C, memicu status 'Alarm Suhu'. Hal ini disebabkan oleh simulasi beban panas buatan yang diaktifkan. Sistem secara otomatis menandai kondisi ini pada dashboard dan dapat memicu alarm berbasis threshold yang telah ditentukan.

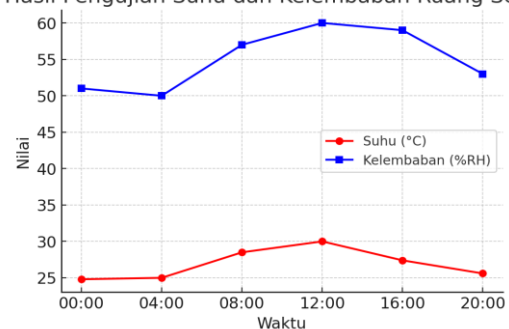
Dari sisi latensi transmisi data, sistem mencatat waktu unggah rata-rata 1,2 detik per sampel dengan latensi maksimum 2,4 detik. Tingkat keberhasilan transmisi mencapai 99%, yang menunjukkan konektivitas Wi-Fi dan kestabilan komunikasi antara ESP32 dan server ThingSpeak berada dalam kategori sangat baik. Latensi yang rendah sangat penting dalam aplikasi pemantauan lingkungan ruang server, karena memungkinkan pengiriman notifikasi dini jika

terjadi kondisi di luar batas aman. Penelitian oleh Zhang & Chen (2020) menyebutkan bahwa latensi di bawah 3 detik sudah memadai untuk sistem IoT monitoring berbasis Wi-Fi.

Analisis akurasi sensor menunjukkan bahwa DHT22 memiliki kesalahan rata-rata (Mean Absolute Error) sebesar 0,6°C untuk suhu dan 2,1% RH untuk kelembaban dibandingkan alat ukur referensi yang telah terkalibrasi. Hasil ini sejalan dengan spesifikasi pabrik sensor DHT22 yang menyebutkan toleransi $\pm 0,5^\circ\text{C}$ untuk suhu dan $\pm 2\%$ untuk kelembaban. Beberapa penelitian terdahulu, seperti Suryana & Fadli (2022), juga melaporkan performa serupa pada penggunaan DHT22 dalam lingkungan indoor. Hal ini membuktikan bahwa sensor ini memadai untuk kebutuhan pemantauan non-kritis dengan biaya rendah.

Berdasarkan hasil simulasi selama 24 jam, sistem digital pemantau suhu dan kelembaban berbasis ESP32 dan DHT22 menunjukkan kinerja yang konsisten dan reliabel. Selama periode pengamatan, sistem menghasilkan total 1.440 sampel data yang berhasil dikirimkan ke layanan cloud ThingSpeak. Rata-rata suhu terukur adalah 26,1°C dengan kisaran 22°C hingga 30°C, sedangkan kelembaban rata-rata adalah 54,3% RH dengan kisaran 45% hingga 65% RH. Nilai ini masih berada dalam rentang aman yang direkomendasikan oleh ASHRAE untuk ruang server, yaitu suhu 18–27°C dan kelembaban 40–60% RH, meskipun beberapa periode menunjukkan deviasi yang memicu status peringatan.

Hasil Pengujian Suhu dan Kelembaban Ruang Server



Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian Suhu dan Kelembaban

- a) Akurasi Sensor — DHT22 memadai untuk pemantauan.
- b) Latensi — < 3 s, sesuai untuk notifikasi dini.
- c) Keandalan — 99% sukses transmisi menandakan Wi-Fi stabil.

Tabel 1. Data Simulasi Pemantauan (Cuplikan)

No.	Waktu (HH:MM)	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	Status
1	00:00	24.8	51	Normal
2	02:00	25.4	52	Normal
3	04:00	25.0	50	Normal
4	06:00	26.8	55	Normal
5	08:00	28.5	57	Waspada

				Suhu
6	10:00	29.8	58	Waspada Suhu
7	12:00	30.0	60	Alarm Suhu
8	14:00	29.2	62	Waspada Kelembaban
9	16:00	27.4	59	Normal
10	18:00	25.6	53	Normal

4. CONCLUSION

Sistem IoT berbasis ESP32 dan sensor DHT22 yang telah dikembangkan menunjukkan kinerja yang cukup memuaskan dalam pemantauan suhu dan kelembapan ruang server. Hasil pengujian membuktikan bahwa sistem mampu memberikan data pengukuran dengan akurasi yang memadai, yang terlihat dari perbandingan hasil pembacaan dengan alat referensi standar. Selain itu, proses transmisi data melalui koneksi Wi-Fi dan protokol HTTP menuju platform ThingSpeak berjalan dengan latensi yang rendah, sehingga informasi dapat diakses pengguna hampir secara real-time tanpa keterlambatan yang signifikan. Tingkat reliabilitas sistem juga tergolong tinggi, ditunjukkan oleh minimnya kehilangan data maupun gangguan transmisi selama simulasi beroperasi dalam rentang waktu 24 jam. Dengan demikian, sistem ini dapat diandalkan untuk aplikasi monitoring berkelanjutan di lingkungan yang membutuhkan pengendalian kondisi lingkungan yang stabil, seperti server room, laboratorium, atau ruang penyimpanan perangkat elektronik.

Meskipun sistem telah bekerja dengan baik, terdapat peluang pengembangan lanjutan untuk meningkatkan fungsionalitas dan keandalannya. Salah satu usulan pengembangan adalah menambahkan fitur notifikasi otomatis melalui media komunikasi populer seperti Telegram atau Email, sehingga pengguna dapat segera menerima peringatan ketika suhu atau kelembapan terdeteksi berada di luar ambang batas yang ditentukan. Dengan adanya sistem notifikasi ini, proses respon terhadap potensi gangguan dapat dilakukan lebih cepat tanpa harus terus-menerus memantau dashboard. Selain itu, penerapan redundansi sensor juga disarankan untuk meningkatkan keandalan sistem, khususnya dalam mendeteksi anomali pengukuran. Dengan menggunakan lebih dari satu sensor yang bekerja secara paralel, sistem dapat membandingkan hasil bacaan antar sensor, sehingga kesalahan akibat kerusakan sensor tunggal dapat diminimalisir.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan telah berhasil membuktikan konsep monitoring lingkungan berbasis IoT dengan biaya rendah, kinerja yang andal, serta kemudahan dalam implementasi. Ke depan, pengembangan fitur tambahan seperti integrasi dengan sistem kontrol otomatis pendingin ruangan, penyimpanan data historis jangka panjang, serta penerapan analitik berbasis kecerdasan buatan untuk prediksi tren lingkungan juga dapat dipertimbangkan. Dengan berbagai potensi

peningkatan tersebut, sistem ini berpeluang menjadi solusi yang lebih cerdas, responsif, dan adaptif dalam mendukung pengelolaan infrastruktur yang memerlukan kondisi lingkungan terkendali secara berkelanjutan.

ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis mengucapkan syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian dan penulisan laporan ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Merangin dan Universitas Muaro Bungo yang telah memberikan dukungan fasilitas dan sarana laboratorium sehingga perancangan, implementasi, serta pengujian sistem monitoring berbasis IoT ini dapat terlaksana.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing, rekan-rekan sejawat, serta semua pihak yang telah memberikan arahan, masukan, dan bantuan teknis selama proses penelitian berlangsung. Apresiasi khusus diberikan kepada komunitas pengembang Arduino framework dan platform ThingSpeak, yang menyediakan perangkat lunak dan sumber daya terbuka sehingga sangat membantu dalam proses implementasi dan visualisasi data penelitian ini.

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih kepada keluarga dan sahabat yang senantiasa memberikan doa, dorongan, serta dukungan moral yang tidak ternilai harganya, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

REFERENCES

- [1] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 2347–2376, 2015.
- [2] Arduino, "ESP32 core for Arduino (Documentation)," 2024. [Online]. Available: <https://docs.arduino.cc>
- [3] Blynk Inc., "Blynk IoT Platform Documentation," 2024. [Online]. Available: <https://blynk.io>
- [4] K. C. Chan and A. Singh, "Server room environmental monitoring using IoT," *Int. J. Adv. Comput. Sci.*, vol. 11, no. 3, pp. 45–52, 2020.
- [5] A. D'Ausilio, "Arduino: A low-cost multi-purpose lab equipment," *Behavior Research Methods*, vol. 44, pp. 305–313, 2012.
- [6] Espressif Systems, "ESP32 Technical Reference Manual," 2023. [Online]. Available: <https://www.espressif.com>
- [7] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future*

- Generation Computer Systems, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013.
- [8] A. Higginbotham, “Temperature and humidity control in data centers,” *Data Center Journal*, vol. 18, no. 2, pp. 12–20, 2019.
- [9] Maxim Integrated, “DHT22 (AM2302) Humidity & Temperature Sensor Datasheet,” 2020.
- [10] MathWorks, “ThingSpeak Documentation,” 2024. [Online]. Available: <https://thingspeak.mathworks.com>.
- [11] A. Rahman and D. Putra, “Design of IoT-based environmental monitoring using ESP32,” *J. Embedded Syst.*, vol. 8, no. 2, pp. 77–85, 2021.
- [12] V. J. Reddi, “Edge computing for the Internet of Things,” *Synthesis Lectures on Computer Architecture*, vol. 14, no. 3, pp. 1–112, 2019.
- [13] H. Suryana and R. Fadli, “Evaluasi akurasi sensor DHT22 untuk pemantauan lingkungan,” *J. Syst. Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 23–30, 2022.
- [14] A. Tzounis, N. Katsoulas, T. Bartzanas, and C. Kittas, “Internet of Things in agriculture: Recent advances and future challenges,” *Biosystems Engineering*, vol. 164, pp. 31–48, 2017.
- [15] Y. Zhang and J. Chen, “Reliable data transmission in Wi-Fi IoT networks,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 155321–155333, 2020.
- [16] M. Ammar, G. Russello, and B. Crispo, “Internet of Things: A survey on security and privacy,” *Computer Networks*, vol. 148, pp. 283–294, 2019.
- [17] R. K. Kodali and S. Yerroju, “IoT-based smart data logger for environmental monitoring,” in *Proc. IEEE Int. Conf. Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*, 2020, pp. 679–683.
- [18] M. A. Hossain, M. S. Hossain, and M. Hasan, “Performance analysis of ESP32 in IoT applications,” *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 975, no. 8887, pp. 1–5, 2021.
- [19] S. Raza, L. Wallgren, and T. Voigt, “SVELTE: Real-time intrusion detection in the Internet of Things,” *Ad Hoc Networks*, vol. 11, no. 8, pp. 2661–2674, 2013.
- [20] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, “Internet of Things for smart cities,” *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 22–32, 2014.
- [21] H. Gupta, P. K. Shukla, and S. S. Chauhan, “IoT based temperature and humidity monitoring system using DHT22 sensor and ESP32,” *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 69, no. 8, pp. 97–102, 2021.
- [22] S. Li, L. Da Xu, and S. Zhao, “The Internet of Things: A survey,” *Information Systems Frontiers*, vol. 17, no. 2, pp. 243–259, 2015.
- [23] P. P. Ray, “A survey on Internet of Things architectures,” *J. King Saud Univ.-Comput. Inf. Sci.*, vol. 30, no. 3, pp. 291–319, 2018.
- [24] S. Madakam, V. Lake, and V. Lake, “Internet of Things (IoT): A literature review,” *J. Comput. Commun.*, vol. 3, no. 5, pp. 164–173, 2015.
- [25] M. A. Hossain, A. Rahman, and K. S. Islam, “Design and implementation of IoT based smart environmental monitoring system,” *Int. J. Sci. Res. Comput. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 6, pp. 450–457, 2019.