

Perancangan Sistem Kendali Dehumidifikasi Ruangan Berbasis ESP32 dan IoT (Design of a Room Dehumidification Control System Based on ESP32 and IoT)

Calvin Mamahit^{1*} dan Franky Manoppo²

¹ Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Manado

² Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado

*Corresponding author, e-mail: calvinmamahit@unima.ac.id¹

Received: June 20th, 2026. Revised: September 3rd, 2026. Accepted: September 9th, 2026
Available online: October 1st, 2026. Published: October 1st, 2026.

Abstract— High indoor air humidity can reduce thermal comfort and potentially affect occupants, equipment, and materials. This study aimed to develop and initially evaluate an Internet of Things (IoT)-based room air-drying system using a SoC ESP32 for automatic humidity monitoring and control. A prototype engineering approach was employed through system requirements analysis, hardware and software design, prototype development, IoT integration, and testing in a small-scale test room. The system integrates a DHT22 temperature-humidity sensor, ESP32, relay, air-drying actuator, and IoT dashboard for real-time monitoring. Initial testing showed that the system reduced relative humidity from 78.6% RH to 61.2% RH, corresponding to a reduction of 17.4 percentage points. The temperature decreased from 29.4°C to 28.8°C during the drying process. The measured sensor accuracy was 97.8% for temperature and 96.4% for relative humidity when compared with a reference measuring instrument, while the average actuator response time was 4.7 s from threshold detection to activation. The system successfully displayed temperature, humidity, and actuator status on the dashboard in real time and operated without significant disturbances during the test. However, the evaluation was limited to a small-scale test room and did not include settling time, overshoot, or long-term humidity fluctuation analysis. Therefore, the prototype demonstrates initial feasibility as a low-cost approach to automatic indoor humidity control and has potential for further development and testing under more diverse room conditions.

Keywords: ESP32; Internet of Things; humidity control; dehumidification; indoor environment.

Abstrak— Kelembapan udara dalam ruang yang tinggi dapat menurunkan kenyamanan termal serta berpotensi memengaruhi penghuni, peralatan, dan material. Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan mengevaluasi secara awal sistem pengering udara ruangan berbasis Internet of Things (IoT) dengan SoC ESP32 untuk pemantauan dan pengendalian kelembapan secara otomatis. Penelitian menggunakan pendekatan rekayasa prototipe melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pembuatan prototipe, integrasi IoT, dan pengujian pada ruang uji skala kecil. Sistem mengintegrasikan sensor suhu-kelembapan DHT22, ESP32, relay, aktuator pengering udara, dan dashboard IoT untuk pemantauan secara real time. Hasil pengujian awal menunjukkan bahwa sistem mampu menurunkan kelembapan relatif dari 78,6% RH menjadi 61,2% RH atau mengalami penurunan sebesar 17,4 poin persentase. Suhu ruang juga menurun dari 29,4°C menjadi 28,8°C selama proses pengeringan. Akurasi pembacaan sensor yang dibandingkan dengan alat ukur acuan mencapai 97,8% untuk suhu dan 96,4% untuk kelembapan relatif, sedangkan waktu respons rata-rata aktuator sebesar 4,7 detik sejak ambang kelembapan terdeteksi hingga aktuator aktif. Sistem berhasil menampilkan suhu, kelembapan, dan status aktuator pada dashboard secara real time serta beroperasi tanpa gangguan signifikan selama pengujian. Namun, evaluasi masih terbatas pada ruang uji skala kecil dan belum mencakup analisis settling time, overshoot, maupun fluktuasi kelembapan dalam jangka panjang. Dengan demikian, prototipe menunjukkan kelayakan awal sebagai pendekatan berbiaya rendah untuk pengendalian kelembapan ruang secara otomatis dan berpotensi dikembangkan serta diuji pada kondisi ruang yang lebih beragam.

Kata Kunci: ESP32; Internet of Things; pengendalian kelembapan; dehumidifikasi; lingkungan dalam ruang.

Copyright (c) 2026. Calvin Mamahit and Franky Manoppo.

I. PENDAHULUAN

Kelembapan relatif udara di dalam ruang merupakan parameter lingkungan yang berpengaruh langsung terhadap kenyamanan termal, kesehatan penghuni, serta keawetan peralatan dan material. Pada ruang-ruang di wilayah tropis, kelembapan tinggi sering muncul bersamaan dengan sirkulasi udara yang kurang optimal, sehingga pengendalian

manual menjadi kurang responsif ketika kondisi berubah cepat. Di sisi lain, pemantauan berbasis sensor murah tidak cukup hanya dipasang; data yang dihasilkan tetap perlu kalibrasi dan validasi agar stabil, akurat, dan layak dipakai sebagai dasar kontrol. Karena itu, pengembangan sistem pengering udara ruangan menuntut integrasi antara penginderaan yang andal, pemrosesan real time, dan mekanisme kendali otomatis yang sederhana tetapi reliabel (Demanega

dkk., 2021; Figueiredo dkk., 2021; Sulzer dkk., 2022; Grassi dkk., 2022).

Perkembangan riset beberapa tahun terakhir menunjukkan pergeseran dari sekadar pemantauan menuju sistem IoT yang terhubung secara daring dan mampu mendukung kontrol lingkungan yang lebih adaptif. Studi tentang optimasi kelembapan melalui ventilasi berbasis digital twin, pemantauan kelembapan dan suhu pada ruang hunian, hingga pengendalian suhu-kelembapan berbasis fuzzy logic memperlihatkan bahwa teknologi kini tidak lagi berhenti pada pengumpulan data, tetapi mulai digunakan untuk membantu keputusan kontrol secara otomatis (Zhang dkk., 2022; Daniel dkk., 2023; Furizal dkk., 2023). Pada saat yang sama, sistem IoT untuk kualitas udara rumah dan pemantauan lingkungan dalam ruang membuktikan bahwa jaringan sensor nirkabel mampu menangkap perubahan kondisi secara lebih detail dan berkesinambungan (Gabriel dkk., 2024; Tsang dkk., 2024). Temuan ini menegaskan bahwa platform IoT telah menjadi fondasi penting bagi pengembangan sistem mikroklimat yang lebih cerdas, terutama ketika dipadukan dengan arsitektur sensor-aktuator yang ringkas dan hemat biaya.

Namun, celah penelitian yang masih tampak adalah belum banyaknya prototipe yang secara khusus merancang pengering udara ruangan berbasis ESP32 sebagai sistem kendali tertutup yang utuh: membaca kelembapan, menentukan keputusan, mengaktifkan aktuator, lalu menampilkan status melalui dashboard IoT dalam satu alur kerja yang sederhana, murah, dan mudah direplikasi. Banyak penelitian masih menekankan aspek monitoring, atau optimasi HVAC, padahal kebutuhan ruang akademik, laboratorium, arsip, dan ruang kerja di lingkungan lembap justru menuntut unit pengendali yang mandiri dan praktis. Karena itu, kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi sensor suhu-kelembapan, SoC ESP32, aktuator pengering udara, dan antarmuka pemantauan jarak jauh dalam satu sistem yang berorientasi pada kontrol otomatis kelembapan target, bukan hanya pencatatan data. Arah ini sejalan dengan kecenderungan terbaru pada perangkat sensor kompak, prediksi kelembapan indoor, serta sistem monitoring yang semakin menuntut reliabilitas, keterjangkauan, dan kemudahan implementasi (Harianto dkk., 2024; Zaharieva dkk., 2025; Cabezas dkk., 2025; Di Leo dkk., 2025; Daulay dkk., 2026).

Berdasarkan uraian tersebut, tujuan penelitian ini adalah merancang, membangun, dan menguji prototipe sistem pengering udara ruangan berbasis IoT dan ESP32 yang mampu memantau kelembapan secara real time, mengambil keputusan kendali secara otomatis, serta menjaga kondisi ruang tetap stabil pada skala terbatas. Hasil penelitian diharapkan

memberi kontribusi praktis bagi pengendalian mikroklimat indoor dan menjadi landasan pengembangan sistem yang lebih adaptif pada tahap berikutnya.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa prototipe sederhana (proof of concept) untuk mengembangkan sistem elektronik pengering udara ruangan berbasis Internet of Things (IoT) dengan SoC ESP32. Pendekatan ini dipilih karena tujuan penelitian pada tahun pertama adalah menghasilkan prototipe awal yang fungsional, mampu memantau dan mengendalikan kelembapan secara otomatis dalam skala terbatas, serta tetap realistis terhadap keterbatasan biaya dan ruang uji. Dengan demikian, metode penelitian tidak diarahkan pada penyempurnaan produk final, melainkan pada pembuktian konsep sistem yang terintegrasi, andal, dan dapat dikembangkan lebih lanjut.

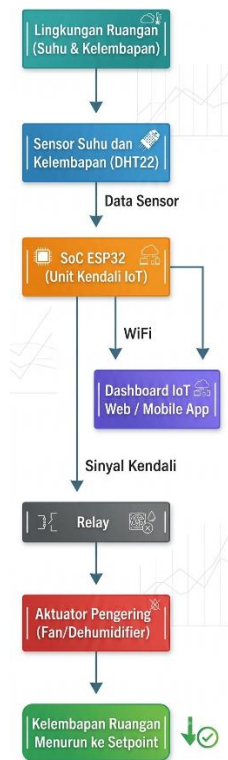
Tahapan penelitian dimulai dari analisis kebutuhan sistem, yaitu identifikasi rentang kelembapan target, spesifikasi sensor suhu-kelembapan, serta kebutuhan aktuator sederhana seperti kipas atau dehumidifier mini. Tahap ini dilakukan melalui studi literatur dan diskusi tim internal agar spesifikasi rancangan sesuai dengan kebutuhan ruang indoor lembap dan selaras dengan tujuan kontrol otomatis yang ingin dicapai. Setelah itu, dilakukan perancangan sistem hardware dan software dengan arsitektur dasar input-process-output, di mana sensor berfungsi sebagai input, ESP32 sebagai pengendali utama, dan aktuator sebagai output kendali. Perancangan juga mencakup alur pengiriman data ke platform IoT sederhana agar kondisi ruangan dapat dipantau secara real time melalui dashboard web atau aplikasi ringan.

Tahap berikutnya adalah pembuatan prototipe awal menggunakan komponen ekonomis seperti ESP32, sensor, relay, dan aktuator sederhana. Prototipe dibatasi untuk satu ruang uji skala kecil agar proses pengembangan lebih terkontrol. Setelah prototipe selesai, dilakukan integrasi IoT dasar sehingga data kelembapan dapat ditampilkan secara daring tanpa bergantung pada layanan cloud yang kompleks. Selanjutnya dilakukan pengujian terbatas untuk menilai akurasi pembacaan sensor, respons sistem terhadap perubahan kelembapan, fungsi ON/OFF aktuator, kestabilan kendali, dan kemampuan sistem menampilkan data secara real time. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk penyempurnaan sistem sebelum disusun menjadi luaran ilmiah dan dokumentasi teknis penelitian.

Gambar 1 adalah alur kerja pengembangan sistem pengering udara ruangan berbasis IoT yang

Perancangan Sistem Kendali Dehumidifikasi Ruangan Berbasis ESP32 dan IoT (Design of a Room Dehumidification Control System Based on ESP32 and IoT)

dimulai dari kondisi lingkungan ruangan, yaitu suhu dan kelembapan, sebagai variabel masukan. Nilai lingkungan dibaca oleh sensor suhu dan kelembapan (DHT22), kemudian data sensor dikirim ke SoC ESP32 sebagai pusat kendali untuk diproses berdasarkan logika kontrol yang telah diprogram. Selanjutnya, ESP32 juga terhubung ke dashboard IoT melalui jaringan WiFi sehingga data kondisi ruangan dapat dipantau secara real time melalui web atau aplikasi seluler. Berdasarkan hasil pembacaan sensor, ESP32 mengirimkan sinyal kendali ke relay untuk mengaktifkan atau menonaktifkan aktuator pengering udara, seperti kipas atau dehumidifier. Proses ini berlangsung secara otomatis hingga kelembapan ruangan turun ke setpoint yang ditentukan, sehingga sistem mampu menjaga kondisi udara tetap stabil dan sesuai kebutuhan.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Pengering Udara Ruangan Berbasis IoT dengan SoC ESP32

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Penelitian ini berhasil menghasilkan prototipe sistem elektronik pengering udara ruangan berbasis Internet of Things (IoT) dengan SoC ESP32 yang mampu melakukan pemantauan dan pengendalian kelembapan secara otomatis. Sistem yang dikembangkan terdiri atas sensor suhu-kelembapan DHT22 sebagai perangkat akuisisi data, ESP32 sebagai pusat kendali, relay sebagai sakelar elektronik, aktuator pengering udara berupa kipas

atau dehumidifier mini, serta dashboard IoT yang berfungsi menampilkan kondisi ruang secara real time. Integrasi seluruh komponen menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja sebagai satu kesatuan yang menjalankan fungsi monitoring dan kontrol otomatis sesuai rancangan penelitian.

Secara umum, hasil implementasi sistem ditunjukkan pada Tabel 1. Integrasi perangkat keras berhasil dilakukan sehingga sensor, ESP32, relay, dan aktuator dapat berkomunikasi dengan baik dalam satu sistem. Logika kendali yang ditanamkan pada ESP32 mampu menjalankan fungsi otomatisasi berdasarkan nilai kelembapan yang terbaca oleh sensor. Selain itu, sistem berhasil mengirimkan data ke dashboard IoT sehingga kondisi ruang dapat dipantau secara real time. Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama yang direncanakan pada tahap perancangan telah berhasil direalisasikan.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Implementasi dan Uji Awal Prototipe

Aspek Hasil	Capaian Utama	Implikasi
Integrasi perangkat keras	Sensor, ESP32, relay, dan aktuator berhasil terhubung	Sistem dapat bekerja sebagai satu kesatuan
Logika kendali	Aktuator aktif dan nonaktif sesuai ambang kelembapan	Kendali otomatis berjalan sesuai rancangan
Pemantauan IoT	Data tampil pada dashboard sederhana secara real time	Kondisi ruang dapat dipantau jarak jauh
Efisiensi komponen	Sistem menggunakan komponen low-cost dan mudah dirakit	Prototipe layak direplikasi pada ruang lain
Uji awal sistem	Sistem berfungsi pada ruang uji skala kecil	Konsep sistem terbukti dapat diimplementasikan

Untuk mengevaluasi kinerja sistem yang telah dikembangkan, dilakukan pengujian pada ruang uji dengan kondisi kelembapan relatif yang cukup tinggi. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu awal ruangan sebesar 29,4°C dengan kelembapan relatif sebesar 78,6% RH. Nilai tersebut berada di atas rentang kenyamanan ruang dalam bangunan sehingga diperlukan tindakan pengendalian. Setelah sistem diaktifkan, sensor DHT22 secara kontinu mengirimkan data ke ESP32 untuk diproses berdasarkan setpoint kelembapan yang telah ditentukan.

Ketika kelembapan melebihi batas yang ditetapkan, ESP32 mengaktifkan relay sehingga aktuator pengering udara mulai bekerja. Hasil

pengujian menunjukkan bahwa waktu respons sistem rata-rata sebesar 4,7 detik sejak kondisi ambang terdeteksi hingga aktuator aktif. Waktu respons tersebut menunjukkan bahwa sistem memiliki kemampuan pengendalian yang cukup baik untuk aplikasi ruang indoor skala kecil.

Selama proses pengeringan berlangsung, kelembapan ruangan mengalami penurunan dari 78,6% RH menjadi 61,2% RH. Dengan demikian terjadi penurunan kelembapan sebesar 17,4% RH. Penurunan ini menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan fungsi utama sebagai pengendali kelembapan ruangan. Sementara itu, suhu ruangan setelah proses pengendalian tercatat sebesar 28,8°C. Perubahan suhu yang relatif kecil menunjukkan bahwa proses pengeringan lebih dominan memengaruhi kelembapan dibandingkan suhu lingkungan, sehingga kenyamanan termal ruang tetap dapat dipertahankan.

Hasil pengujian juga memperlihatkan bahwa data sensor dapat ditampilkan pada dashboard IoT tanpa gangguan selama pengamatan berlangsung. Dashboard menampilkan informasi suhu, kelembapan, dan status aktuator secara real time sehingga pengguna dapat memantau kondisi ruangan dari lokasi yang berbeda. Keberhasilan komunikasi data ini menunjukkan bahwa ESP32 mampu menjalankan fungsi monitoring dan kontrol secara bersamaan.

Evaluasi terhadap akurasi sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan DHT22 terhadap alat ukur acuan. Hasil pengukuran menunjukkan tingkat akurasi sensor suhu sebesar 97,8% dan akurasi sensor kelembapan sebesar 96,4%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sensor yang digunakan cukup andal untuk mendukung proses pengambilan keputusan pada sistem kendali otomatis. Selain itu, selama pengujian tidak ditemukan gangguan operasi yang signifikan sehingga sistem dapat dikategorikan bekerja secara stabil.

Berdasarkan hasil pada Tabel 1 dan Tabel 2, seluruh indikator keberhasilan penelitian berhasil dicapai. Sistem mampu melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara real time, mengaktifkan aktuator secara otomatis ketika kelembapan melebihi batas yang ditentukan, menurunkan kelembapan ruangan hingga mendekati setpoint, serta menyediakan fasilitas pemantauan jarak jauh melalui dashboard IoT. Hasil ini menunjukkan bahwa tujuan penelitian untuk mengembangkan sistem elektronik pengering udara ruangan berbasis IoT dengan SoC ESP32 yang mampu melakukan pemantauan dan pengendalian kelembapan secara otomatis telah tercapai dengan baik.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kinerja Prototipe Sistem Pengering Udara Ruangan Berbasis IoT dan ESP32

No	Parameter Pengukuran	Satuan	Hasil Pengukuran	Keterangan
1	Suhu ruang awal	°C	29,4	Sebelum sistem aktif
2	Kelembapan awal ruang	%RH	78,6	Melebihi setpoint
3	Suhu ruang setelah sistem aktif	°C	28,8	Setelah proses pengeringan
4	Kelembapan setelah sistem aktif	%RH	61,2	Mendekati setpoint target
5	Akurasi pembacaan suhu	%	97,8	Dibandingkan alat acuan
6	Akurasi pembacaan kelembapan	%	96,4	Dibandingkan alat acuan
7	Waktu respons aktuator	detik	4,7	Dari deteksi ambang ke aktivasi
8	Status relay	ON	Aktif	Saat RH melebihi setpoint
9	Status aktuator	ON	Aktif	Pengering udara bekerja
10	Data tampil pada dashboard	Ya	Berhasil	Monitoring real time
11	Stabilitas sistem	Stabil	Berhasil	Tidak ditemukan gangguan operasi

B. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe sistem pengering udara ruangan berbasis IoT dengan SoC ESP32 mampu menjalankan fungsi utama yang telah ditetapkan, yaitu memantau kondisi suhu dan kelembapan secara real time, mengendalikan aktuator secara otomatis berdasarkan nilai kelembapan yang terukur, serta menampilkan informasi kondisi ruang melalui dashboard IoT. Keberhasilan integrasi antara sensor suhu-kelembapan, ESP32, relay, aktuator, dan antarmuka pemantauan menunjukkan bahwa pendekatan sistem kendali tertutup yang digunakan dalam penelitian ini dapat diimplementasikan secara efektif menggunakan komponen berbiaya rendah. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa ESP32 memiliki kemampuan yang memadai sebagai pusat kendali pada sistem pemantauan lingkungan berbasis IoT karena mendukung pemrosesan data real time, konektivitas

nirkabel, dan integrasi dengan berbagai jenis sensor lingkungan.

Penurunan kelembapan ruang dari 78,6% RH menjadi 61,2% RH menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu melaksanakan fungsi pengeringan udara secara efektif pada ruang uji skala kecil. Hasil ini mendukung temuan Zhang dkk. (2022) yang menyatakan bahwa pengendalian kelembapan merupakan faktor penting dalam menjaga kualitas lingkungan dalam ruang dan dapat meningkatkan kenyamanan serta efisiensi penggunaan ruang. Demikian pula, penelitian Zaharieva dkk. (2025) menegaskan bahwa pengendalian kelembapan relatif berkontribusi terhadap peningkatan kualitas hidup dan kenyamanan penghuni bangunan. Oleh karena itu, kemampuan sistem untuk menurunkan kelembapan hingga mendekati rentang kenyamanan menunjukkan bahwa prototipe yang dikembangkan memiliki potensi implementasi pada laboratorium, ruang kelas, ruang kerja, maupun ruang penyimpanan dokumen.

Dari aspek respons kendali, waktu respons rata-rata sebesar 4,7 detik menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan tindakan korektif dalam waktu yang relatif singkat setelah kondisi kelembapan melewati batas yang ditentukan. Karakteristik ini penting karena efektivitas sistem pengendalian lingkungan tidak hanya ditentukan oleh akurasi sensor, tetapi juga oleh kecepatan sistem dalam merespons perubahan kondisi ruang. Temuan tersebut konsisten dengan penelitian Figueiredo dkk. (2021), Daniel dkk. (2023), dan Furizal dkk. (2023) yang menunjukkan bahwa keberhasilan sistem IoT berbasis lingkungan sangat dipengaruhi oleh kemampuan integrasi antara proses akuisisi data dan mekanisme kendali otomatis. Sistem yang dikembangkan pada penelitian ini memperlihatkan bahwa arsitektur sederhana berbasis ESP32 sudah mampu memenuhi kebutuhan dasar pengendalian kelembapan tanpa memerlukan algoritma yang kompleks.

Hasil pengujian juga menunjukkan tingkat akurasi sensor suhu sebesar 97,8% dan akurasi sensor kelembapan sebesar 96,4%. Nilai ini mengindikasikan bahwa sensor yang digunakan cukup andal untuk mendukung proses pengambilan keputusan dalam sistem kendali otomatis. Temuan tersebut relevan dengan penelitian Demanega dkk. (2021) yang menekankan pentingnya validasi sensor biaya rendah sebelum digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Sejumlah penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa faktor kelembapan lingkungan dapat memengaruhi akurasi sensor sehingga proses kalibrasi menjadi tahapan yang sangat penting dalam pengembangan sistem

monitoring dan kontrol. Tingkat akurasi sensor yang tinggi pada penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas data yang dihasilkan cukup memadai untuk mendukung proses pengambilan keputusan dalam sistem kendali otomatis. Temuan ini sejalan dengan penelitian Taştan (2025), Patel dkk. (2024), Lekamge dan Oswin (2025), serta Nan dkk. (2026) yang menunjukkan bahwa sensor biaya rendah rentan terhadap pengaruh faktor lingkungan, khususnya kelembapan relatif, sehingga proses kalibrasi dan validasi menjadi langkah penting untuk meningkatkan reliabilitas data. Kualitas data yang baik merupakan prasyarat utama bagi keberhasilan sistem monitoring dan pengendalian berbasis IoT karena seluruh keputusan kendali bergantung pada ketepatan informasi yang diperoleh dari sensor.

Keberhasilan pengiriman data secara real time ke dashboard IoT memperlihatkan bahwa sistem tidak hanya berfungsi sebagai perangkat lokal, tetapi juga mampu mendukung pemantauan jarak jauh. Temuan ini mendukung hasil penelitian Gabriel dkk. (2024), Tsang dkk. (2024), Daniel dkk. (2023), Di Leo dkk. (2025), dan Cabezas dkk. (2025) yang menunjukkan bahwa konektivitas jaringan merupakan komponen penting dalam sistem pemantauan lingkungan berbasis IoT. Melalui konektivitas yang stabil, data suhu dan kelembapan dapat dikirim secara real time ke platform pemantauan sehingga pengguna dapat melakukan pengawasan kondisi ruang secara berkelanjutan dan mengambil keputusan dengan lebih cepat berdasarkan informasi yang tersedia. Kemampuan untuk mengakses data dari lokasi yang berbeda memungkinkan pengguna melakukan evaluasi kondisi ruang secara berkelanjutan tanpa harus hadir secara fisik. Bagi lingkungan pendidikan dan laboratorium, fitur ini memberikan nilai tambah karena memudahkan pengawasan kondisi ruang yang menyimpan peralatan sensitif terhadap kelembapan.

Dari perspektif rekayasa sistem, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan low-cost dapat menghasilkan sistem yang tetap fungsional. Penggunaan ESP32 sebagai pengendali utama memberikan keuntungan dari sisi biaya, konsumsi daya, fleksibilitas pemrograman, dan kemudahan integrasi. Beberapa penelitian mengenai sistem monitoring berbasis ESP32 pada pengendalian suhu, kualitas udara, dan lingkungan penyimpanan juga melaporkan keunggulan serupa. Harianto dkk. (2024) menunjukkan bahwa ESP32 mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembapan pada ruang penyimpanan tekstil, sedangkan Hidayah dkk. (2024) menunjukkan efektivitas ESP32 pada aplikasi pengendalian suhu berbasis PID. Penelitian lain mengenai pemantauan kualitas udara dan lingkungan

berbasis ESP32 juga menunjukkan bahwa platform ini dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan monitoring dan kontrol dengan biaya yang relatif rendah.

Jika dikaitkan dengan state of the art yang telah dibahas pada bagian pendahuluan, penelitian ini berhasil mengisi celah yang masih ditemukan pada sebagian besar penelitian terdahulu. Banyak penelitian sebelumnya berfokus pada monitoring suhu dan kelembapan, prediksi kondisi lingkungan, atau optimasi HVAC skala bangunan. Sebaliknya, penelitian ini menekankan pengembangan unit pengering udara mandiri yang menggabungkan fungsi monitoring, kendali otomatis, dan pemantauan jarak jauh dalam satu sistem yang sederhana dan mudah direplikasi. Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini terletak pada implementasi sistem kendali kelembapan yang praktis untuk lingkungan indoor tropis yang tidak selalu memiliki akses terhadap sistem HVAC yang kompleks atau mahal.

Implikasi penelitian ini dapat dilihat dari tiga aspek. Pertama, dari aspek teknis, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis ESP32 dan sensor kelembapan dapat digunakan sebagai solusi alternatif pengendalian kelembapan ruang dengan biaya rendah. Kedua, dari aspek akademik, penelitian ini memperkaya kajian mengenai penerapan IoT pada pengendalian iklim ruang dan memberikan dasar empiris bagi pengembangan algoritma kendali yang lebih adaptif, seperti fuzzy logic atau machine learning pada penelitian lanjutan. Ketiga, dari aspek praktis, sistem yang dikembangkan berpotensi diterapkan pada ruang laboratorium, ruang arsip, ruang server, ruang kelas, dan berbagai fasilitas lain yang membutuhkan kestabilan kelembapan untuk menjaga kualitas peralatan maupun dokumen. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya membuktikan keberhasilan pengembangan prototipe, tetapi juga menunjukkan peluang implementasi yang luas dalam mendukung pengelolaan lingkungan dalam ruang yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan prototipe sistem pengering udara ruangan berbasis Internet of Things (IoT) dengan SoC ESP32 untuk pemantauan dan pengendalian kelembapan secara otomatis pada ruang uji skala kecil. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan sensor suhu-kelembapan DHT22, ESP32, relay, aktuator pengering udara, dan dashboard IoT untuk mendukung pemantauan kondisi ruang secara real time serta aktivasi aktuator berdasarkan ambang

kelembapan yang ditentukan. Pada kondisi pengujian yang dilakukan, kelembapan relatif (RH) ruang menurun dari 78,6% RH menjadi 61,2% RH, sedangkan waktu respons rata-rata dari deteksi kondisi ambang hingga aktivasi aktuator adalah 4,7 detik. Hasil pengujian juga menunjukkan akurasi pembacaan sebesar 97,8% untuk suhu dan 96,4% untuk kelembapan relatif berdasarkan perbandingan dengan alat ukur acuan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa prototipe yang dikembangkan telah mampu menjalankan fungsi dasar pemantauan dan pengendalian kelembapan sesuai rancangan pada ruang uji yang digunakan.

Namun, hasil penelitian ini masih terbatas pada pengujian skala kecil dan kondisi lingkungan yang terbatas, sehingga kinerja sistem pada ruangan dengan ukuran lebih besar dan variasi kondisi lingkungan yang berbeda belum dapat dipastikan. Selain itu, penelitian ini belum melakukan analisis biaya untuk membuktikan klaim efisiensi biaya, evaluasi replikasi untuk memastikan kemudahan penerapan pada ruangan lain, maupun pengujian kestabilan jangka panjang. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu melakukan pengujian pada ruang dengan ukuran dan karakteristik lingkungan yang lebih beragam, disertai evaluasi respons sistem terhadap perubahan kelembapan dalam periode yang lebih panjang serta analisis biaya dan replikasi sistem. Dengan pengembangan tersebut, kinerja dan potensi penerapan prototipe sebagai sistem pengendalian kelembapan berbasis IoT dapat dievaluasi secara lebih komprehensif.

REFERENSI

- Cabezas, M. P., Carvajal, J. D., Vivas, F. Y., & Lopez, D. M. (2025). Smart monitoring system for temperature and relative humidity adapted to the specific needs of pharmaceutical services. *IoT*, 6(1), 15. <https://doi.org/10.3390/iot6010015>
- Daniel, W., Pramono, A., Wijaya, J. F., & Wijaya, N. P. (2023). Integrating IoT-based devices for monitoring the humidity and temperature in the boarding house space. *Procedia Computer Science*, 227, 204–213. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.518>
- Daulay, M. S. H., Handasah, U., Manik, C. T. S., Sitopu, M. W., Sinurat, & Afdila, R. (2026). Sistem Pemantauan dan Kontrol Kualitas Air Akuarium Berbasis IoT Menggunakan Sensor Turbidity. (2026). *JURNAL EDUNITRO Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 6(1), 57-64. <https://ejurnal.unima.ac.id/index.php/edunitro/article/view/13520>

- Demanega, I., Mujan, I., Singer, B. C., Anđelković, A. S., Babich, F., & Licina, D. (2021). Performance assessment of low-cost environmental monitors and single sensors under variable indoor air quality and thermal conditions. *Building and Environment*, 187, 107415. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107415>
- Di Leo, V., Speroni, A., Ferla, G., & Blanco Cadena, J. D. (2025). Design and validation of a compact, low-cost sensor system for real-time indoor environmental monitoring. *Buildings*, 15(19), 3440. <https://doi.org/10.3390/buildings15193440>
- Figueiredo, R. E., Alves, A. A., Monteiro, V., Pinto, J. G., Afonso, J. L., & Afonso, J. A. (2021). Development and evaluation of smart home IoT systems applied to HVAC monitoring and control. *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*, 8(34), 167205. <https://doi.org/10.4108/eai.19-11-2020.167205>
- Furizal, F., Yudhana, A., dkk. (2023). Temperature and humidity control system with air conditioner based on fuzzy logic and Internet of Things. *Journal of Robotics and Control*, 4(3), 18327. <https://doi.org/10.18196/jrc.v4i3.18327>
- Gabriel, M. F., Marques, G., Filipe, D., Felgueiras, F., Cardoso, J. P., Azeredo, J., dkk. (2024). Implementation of an IoT architecture for promoting healthy air quality in homes. *Building and Environment*, 266, 112040. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112040>
- Grassi, B., Piana, E. A., Lezzi, A. M., & Pilotelli, M. (2022). A review of recent literature on systems and methods for the control of thermal comfort in buildings. *Applied Sciences*, 12(11), 5473. <https://doi.org/10.3390/app12115473>
- Hariato, D., Bintang, H. S., Ardiyanto, A., & Widyawan, V. L. D. (2024). Development and evaluation of an ESP32-based temperature and humidity control unit for textile storage. *International Journal of Engineering Continuity*, 4(1), 1–19. <https://doi.org/10.58291/ijec.v4i1.309>
- Hidayah, R. R., Nurcahyo, S., & Dewatama, D. (2024). Implementasi pengaturan suhu menggunakan mikrokontroler ESP32. *Metrotech (Journal of Mechanical and Electrical Technology)*, 3(3), 106–115. <https://doi.org/10.70609/metrotech.v3i3.5017>
- Lekamge, S. A., & Oswin, H. P. (2025). Exploration of a practical approach to providing RH corrections to low cost sensor networks. *npj Climate and Atmospheric Science*, 8, 227. <https://doi.org/10.1038/s41612-025-01115-8>
- Nan, F., Shen, H., & Zeng, C. (2026). An integrated low-cost air quality sensor and a multi-task calibration framework for particulate matter. *Environment International*, 207, 109981. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109981>
- Patel, M. Y., Vannucci, P. F., Kim, J., Berelson, W., dkk. (2024). Towards a hygroscopic growth calibration for low-cost PM2.5 sensors. *Atmospheric Measurement Techniques*, 17(3), 1051–1060. <https://doi.org/10.5194/amt-17-1051-2024>
- Sulzer, M., Christen, A., & Matzarakis, A. (2022). A low-cost sensor network for real-time thermal stress monitoring and communication in occupational contexts. *Sensors*, 22(5), 1828. <https://doi.org/10.3390/s22051828>
- Taştan, M. (2025). Machine Learning–Based Calibration and Performance Evaluation of Low-Cost Internet of Things Air Quality Sensors. *Sensors*, 25(10), 3183. <https://doi.org/10.3390/s25103183>
- Tsang, T. W., Mui, K. W., Wong, L. T., Chan, A. C. Y., & Chan, R. C. W. (2024). Real-time indoor environmental quality monitoring using an IoT-based wireless sensing network. *Sensors*, 24(21), 6850. <https://doi.org/10.3390/s24216850>
- Zaharieva, S., Georgiev, I., Georgiev, S., Borodzhieva, A., & Todorov, V. (2025). A method for forecasting indoor relative humidity for improving comfort conditions and quality of life. *Atmosphere*, 16(3), 315. <https://doi.org/10.3390/atmos16030315>
- Zhang, J., Kwok, H. H. L., Luo, H., Tong, J. C. K., & Cheng, J. C. P. (2022). Automatic relative humidity optimization in underground heritage sites through ventilation system based on digital twins. *Building and Environment*, 216, 108999. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108999>

