

Prototipe Smartclass: Sistem Pengaturan Suhu AC Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Dan Sensor DHT-22 Di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

Reza Para Adilla Ramadhany¹, Tateng Sukendar²

^{1,2} Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Dirgantara dan Industri, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 10 Februari 2026
Direvisi: 20 Februari 2026
Diterima: 6 Maret 2026

Kata kunci:

Pengaturan Suhu Otomatis
Mikrokontroler
Sensor Dht-22
Smartclass
Internet Of Things

Keywords:

Automatic Temperature Control
Microcontroller
DHT-22 Sensor
Smartclass
Internet Of Things.

Penulis Korespondensi:

Reza Para Adilla Ramadhany
Email:
repaad.cqz2002@gmail.com

ABSTRAK

Kenyamanan termal di ruang kuliah merupakan faktor penting dalam mendukung efektivitas pembelajaran di perguruan tinggi. Pengoperasian *Air Conditioner* secara manual yang masih diterapkan di berbagai institusi pendidikan menunjukkan keterbatasan dalam merespons perubahan kondisi lingkungan secara dinamis. Kenyamanan termal ruang kuliah menjadi faktor penentu kualitas proses pembelajaran di perguruan tinggi. Studi ini mengembangkan sebuah prototipe pengendali suhu *Air Conditioner* berbasis mikrokontroler *Wemos D1 Mini* dan dua unit sensor DHT-22 yang dihubungkan dengan ekosistem *Home Assistant* guna mewujudkan lingkungan *Smartclass* yang cerdas di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma. Pendekatan yang digunakan adalah metode eksperimental berbasis pengembangan sistem *Internet of Things* dengan algoritma kontrol *ON-OFF threshold* yang mempertimbangkan data suhu *indoor* dan *outdoor* secara bersamaan. Validasi sistem dilakukan melalui 35 titik pengamatan, mencakup 15 data *indoor*, 15 data *outdoor*, dan 5 skenario pengujian kontrol otomatis. Sensor DHT-22 menunjukkan unjuk kerja yang memuaskan dengan nilai rata-rata deviasi 0,93% pada lingkungan dalam ruangan dan 0,98% pada lingkungan luar ruangan, keduanya masih dalam ambang batas yang ditetapkan standar internasional ISO 2859 sebesar 1–5%. Modul pemancar *infrared* beroperasi secara andal pada rentang jarak hingga 7 meter dengan capaian keberhasilan transmisi 100%. Keunggulan utama penelitian ini dibandingkan sistem *single-sensor* konvensional terletak pada kemampuan pembacaan suhu ganda secara simultan yang menghasilkan keputusan pengaturan AC lebih adaptif. Melalui integrasi platform *Internet of Things*, pemantauan kondisi ruangan dan pengendalian jarak jauh dapat dilakukan secara *real-time* tanpa keterlibatan operator secara langsung.

Thermal comfort in lecture rooms is an important factor in supporting the effectiveness of learning in higher education. Manual operation of Air Conditioners that is still applied in various educational institutions shows limitations in responding to changes in environmental conditions dynamically. This study aims to develop a prototype of an automatic Air Conditioner temperature control system based on Wemos D1 Mini microcontroller and DHT-22 sensor integrated with the Home Assistant platform to support the Smartclass concept at Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma. An experimental method with an Internet of Things prototype development approach was applied through stages of literature study, hardware and software design, implementation, and system testing. The test results show that the DHT-22 sensor is able to read temperature with a very good level of accuracy, producing an average error of 0.93% for indoor conditions and 0.98% for outdoor. The Infrared transmitter module functions optimally at an effective distance of up to 7 meters with a 100% success rate in sending control commands. The system is proven to be able to maintain room temperature stability according to the setpoint determined automatically without requiring manual intervention. Integration with Home Assistant enables real-time remote monitoring and control, creating a comfortable learning environment while increasing energy efficiency in modern classrooms.

Copyright © 2026 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Kenyamanan termal di lingkungan pembelajaran menjadi faktor penting yang mendukung efektivitas proses belajar mengajar di perguruan tinggi. Penggunaan *Air Conditioner* (AC) di ruang kelas modern seperti *Smartclass* terus mengalami peningkatan untuk menciptakan kondisi optimal bagi mahasiswa dan dosen. Namun demikian, pengoperasian AC secara manual yang masih diterapkan di berbagai institusi pendidikan menunjukkan kelemahan signifikan dalam merespons dinamika kondisi lingkungan ruangan. Sistem manual cenderung kurang efisien karena tidak mampu menyesuaikan kebutuhan suhu secara otomatis berdasarkan waktu dan situasi spesifik yang terjadi di dalam ruangan [1]. Kemajuan teknologi mikrokontroler dan sensor digital telah membuka peluang pengembangan sistem kontrol suhu yang lebih *intelligent*, otomatis, dan hemat energi. Sensor DHT22 menjadi salah satu komponen yang kerap dimanfaatkan dalam prototipe sistem kontrol suhu karena kemampuannya membaca suhu secara *real time* dengan tingkat akurasi yang memadai untuk aplikasi *embedded* sederhana. Pengembangan prototipe alat pendingin otomatis berbasis mikrokontroler dan DHT-22 telah terbukti efektif dalam menjaga kondisi suhu ruangan tetap stabil, sehingga pengguna tidak perlu melakukan pengaturan manual secara berulang-ulang [2].

Berbagai kajian terkini memperlihatkan bahwa penggabungan sensor suhu, unit mikrokontroler, dan antarmuka kendali berbasis *Internet of Things* seperti *Home Assistant* mampu menghadirkan solusi pemantauan jarak jauh sekaligus pengendalian kondisi ruangan secara waktu nyata [3]. Meski demikian, sejumlah celah teknis masih ditemukan pada riset-riset terdahulu yang perlu ditangani lebih lanjut. Studi yang dilakukan hanya memanfaatkan satu sensor untuk membaca kondisi dalam ruangan sehingga dinamika suhu eksternal tidak ikut diperhitungkan dalam logika pengambilan keputusan sistem. Variabel suhu luar ruangan sebagai masukan tambahan pada algoritma kontrolnya, sebelum memanfaatkan platform terpadu yang memungkinkan interkoneksi antarperangkat *IoT* secara menyeluruh [2].

Pemilihan sensor DHT-22 dalam penelitian ini didasarkan pada sejumlah keunggulan teknis yang dimilikinya. Sensor ini sanggup mengukur suhu pada rentang -40°C hingga 80°C dengan resolusi $0,1^{\circ}\text{C}$ dan tingkat simpangan maksimal $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, jauh melampaui performa DHT-11 yang hanya mampu mencapai akurasi $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Selain itu, keluaran data digital sensor ini kompatibel secara langsung dengan mikrokontroler berbasis ESP8266, serta telah terbukti bekerja secara konsisten dalam berbagai implementasi sistem pemantauan lingkungan berbasis *IoT* [3]. Kondisi aktual ruang kelas di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma berdasarkan pengamatan awal menunjukkan bahwa temperatur ruangan tanpa sistem otomatis berkisar antara 27°C hingga 31°C pada rentang waktu pukul 10.00 hingga 14.00. Rentang ini menyimpang cukup jauh dari standar kenyamanan termal ruang belajar yang ditetapkan SNI 03-6572-2001, yakni 24°C hingga 26°C . Kesenjangan antara kondisi nyata dan standar yang berlaku inilah yang menjadi landasan kuat bagi urgensi dikembangkannya sistem pengaturan suhu otomatis pada penelitian ini. Menjawab permasalahan tersebut, prototipe yang dikembangkan tidak sekadar mempertahankan suhu pada nilai *setpoint* tertentu, melainkan juga dirancang mampu beradaptasi secara dinamis terhadap perubahan kondisi lingkungan tanpa memerlukan campur tangan pengguna secara berkelanjutan.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (a) Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem pengaturan suhu AC otomatis berbasis mikrokontroler dan sensor DHT-22 yang mampu bekerja secara *real time* di ruang kuliah Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma sebagai bahan rujukan untuk *Smartclass*? (b) Bagaimana mekanisme pembacaan dan pengolahan data suhu dari sensor DHT-22 untuk menentukan keputusan pengaturan suhu AC secara otomatis? (c) Bagaimana kinerja sistem dalam menjaga kestabilan suhu ruangan dibandingkan dengan pengaturan AC secara manual?. Penelitian ini memiliki beberapa batasan agar lebih terfokus, yaitu: (a) Penelitian hanya membahas pengaturan suhu ruangan dan tidak membahas pengaruh kelembapan udara secara mendalam; (b) Sensor yang digunakan sebagai input sistem adalah sensor DHT-22 untuk membaca suhu ruangan; (c) Sistem pengaturan AC bekerja secara otomatis berbasis mikrokontroler tanpa melibatkan pengaturan manual selama proses pengujian; (d) Implementasi dan pengujian sistem dilakukan pada satu ruang Unsurya sebagai objek penelitian; (e) Evaluasi sistem dibatasi pada kemampuan menjaga kestabilan suhu ruangan serta perbandingan dengan pengaturan AC secara manual, tanpa membahas konsumsi energi listrik secara detail.

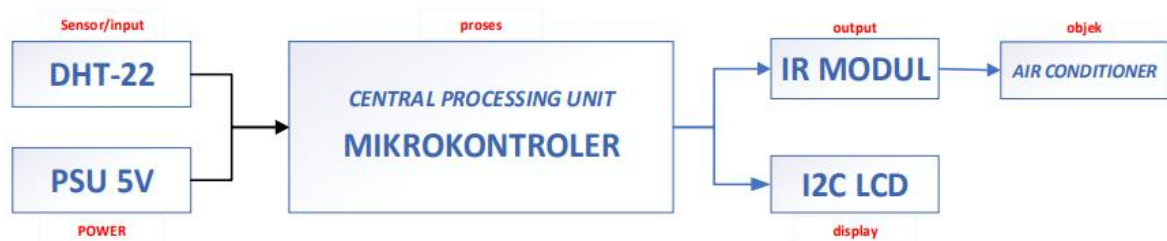
Penelitian ini bertujuan untuk: (a) Merancang dan merealisasikan sistem pengaturan suhu AC otomatis berbasis mikrokontroler dan sensor DHT-22 yang bekerja secara *real time* di ruang kuliah Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma sebagai bahan rujukan untuk *Smartclass*; (b) Mengimplementasikan proses pembacaan dan pengolahan data suhu dari sensor DHT-22 sebagai dasar pengambilan keputusan pengaturan suhu AC secara otomatis; (c) Menguji dan menganalisis kinerja sistem dalam menjaga kestabilan suhu ruangan serta membandingkannya dengan sistem pengaturan AC secara manual. Kebaharuan penelitian ini terletak pada tiga aspek utama: (1) Integrasi sistem kontrol suhu AC berbasis *dual-sensor* DHT-22 yang mampu membaca suhu *indoor* dan *outdoor* secara simultan untuk menghasilkan keputusan pengaturan yang lebih adaptif terhadap kondisi lingkungan eksternal; (2) Implementasi protokol komunikasi ESPHome yang terintegrasi penuh dengan ekosistem *Home Assistant*, memungkinkan interoperabilitas dengan berbagai perangkat *Internet of Things* lainnya dalam satu platform terpadu untuk konsep *Smartclass* yang komprehensif; (3) Pengembangan algoritma kontrol otomatis yang tidak hanya berfokus pada pencapaian *setpoint* suhu, tetapi juga mempertimbangkan perbedaan suhu *indoor-outdoor* sebagai parameter tambahan dalam pengambilan keputusan, sehingga menghasilkan efisiensi energi yang lebih optimal dibandingkan sistem kontrol konvensional berbasis *single-sensor*.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan pengembangan prototipe sistem *Internet of Things* (IoT) untuk pengaturan suhu AC otomatis. Rangkaian metode dirancang secara sistematis mulai dari tahap konseptual hingga implementasi untuk memastikan sistem dapat bekerja optimal dalam mengatur suhu ruangan secara otomatis dan efisien.

2.1 Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur untuk membangun landasan teoretis yang kuat mengenai konsep IoT dalam bidang pendidikan dan manajemen energi [4], spesifikasi mikrokontroler Wemos D1 Mini berbasis ESP8266, karakteristik sensor DHT-22 sebagai pembaca suhu dan kelembapan, serta penggunaan IR Modul untuk mengendalikan perangkat elektronik melalui sinyal inframerah. Studi ini juga mencakup eksplorasi pemanfaatan LCD I2C 20x4 sebagai media tampilan data secara *real-time*. Seluruh referensi diperoleh dari jurnal ilmiah, buku teks, dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian. Setelah fondasi teoretis terbentuk, dilakukan perancangan perangkat keras (*hardware design*) yang terdiri dari beberapa komponen utama. Sistem dirancang menggunakan sensor DHT-22 sebagai input pembaca suhu, mikrokontroler Wemos D1 Mini sebagai pusat pemrosesan data, modul IR sebagai pengendali AC, serta LCD I2C sebagai media tampilan informasi kondisi sistem. Hubungan antarkomponen yang saling terintegrasi untuk menciptakan sistem pengaturan suhu otomatis yang responsif terhadap perubahan kondisi ruangan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Perancangan Hardware Sistem Smartclass

Tahap perancangan perangkat lunak (*software design*) memanfaatkan mikrokontroler ESP8266 yang terintegrasi dengan ESPHome dan *Home Assistant* untuk pemantauan dan pengendalian suhu secara otomatis. Sistem membaca data suhu dari sensor DHT22 lokal dan data suhu dalam serta luar ruangan dari *Home Assistant*, kemudian menampilkannya pada LCD I2C secara *real-time*. Berdasarkan pembacaan suhu dalam ruangan, sistem mengendalikan AC Panasonic melalui sinyal *infrared* untuk menyesuaikan suhu sesuai *setpoint* yang telah ditentukan[5]. Proses ini berlangsung secara berulang sehingga kenyamanan suhu ruangan dapat terjaga secara konsisten. Implementasi prototipe dilakukan

dengan merakit seluruh komponen menjadi satu kesatuan sistem. Wemos D1 Mini diprogram sesuai kode yang telah dirancang, kemudian dihubungkan dengan PSU Mini 5V 2A, sensor DHT-22, IR Modul, dan LCD I2C. Prototipe ini menjadi representasi fisik dari sistem pengaturan suhu otomatis yang diuji dalam kondisi simulasi ruang kelas di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma.

Tahap pengujian sensor DHT-22 bertujuan untuk mengkaji tingkat presisi dan konsistensi sensor dalam merekam kondisi termal ruang kuliah [3]. Sebagai komponen *input* utama, sensor ini memegang peranan sentral dalam menyuplai data lingkungan yang dibutuhkan sistem *Smartclass* untuk menentukan respons pengendalian AC secara tepat. Sensor dipasang pada titik yang dianggap paling mewakili distribusi suhu di dalam ruangan dan dihubungkan langsung ke mikrokontroler *Wemos D1 Mini*. Sebelum proses pengujian dimulai, dilakukan prosedur kalibrasi dengan menempatkan sensor DHT-22 dan termometer digital bersertifikat secara berdampingan pada kondisi suhu yang identik selama 10 menit. Tujuannya adalah memastikan kestabilan pembacaan keduanya sebelum nilai *offset* dicatat sebagai acuan koreksi. Pengambilan data dilaksanakan secara berkala dengan interval 30 menit pada setiap sesi pengujian, dan setiap nilai yang ditampilkan sensor langsung dikomparasikan dengan pembacaan termometer referensi pada waktu yang sama.

Derajat akurasi sensor dinyatakan dalam persentase *error* menggunakan rumus:

$$Error (\%) = \frac{|(\text{Suhu Referensi} - \text{Suhu DHT-22})|}{\text{Suhu Referensi}} \times 100\% \quad (1)$$

Sebagai ilustrasi, pada sesi pertama pukul 08.00 ketika termometer referensi menunjukkan angka 24,5°C sementara sensor DHT-22 mencatat 24,1°C, nilai *error* yang dihasilkan adalah $|(24,5 - 24,1) / 24,5| \times 100\% = 1,63\%$. Pola deviasi yang kecil dan konsisten ini terulang di seluruh sesi pengujian, mengindikasikan bahwa sensor DHT-22 beroperasi dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk aplikasi sistem kendali suhu ruang kelas.

2.2 Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan berbagai instrumen teknis yang dikategorikan menjadi perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat utama berupa laptop berfungsi sebagai pusat kendali pemrograman mikrokontroler, pengolahan data, dan dokumentasi penelitian. *Software* ESPHome digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke mikrokontroler. Konektivitas antara perangkat keras dan komputer difasilitasi melalui jaringan lokal, sementara perakitan komponen menggunakan *breadboard* untuk fleksibilitas modifikasi rangkaian. Instrumen pendukung seperti multimeter digital digunakan untuk memastikan ketepatan tegangan dan arus, obeng dan tang untuk perakitan fisik, *stopwatch* untuk pencatatan durasi respon sistem, serta alat ukur suhu referensi sebagai standar pembandingan akurasi sensor. Rincian lengkap alat yang digunakan beserta fungsinya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Alat yang Digunakan dalam Penelitian

No	Nama Alat	Fungsi
1	Laptop / Komputer	Pemrograman mikrokontroler, pengolahan data, dan dokumentasi penelitian
2	<i>Software</i> ESPHome	Menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke mikrokontroler
3	Kabel USB	Menghubungkan mikrokontroler dengan laptop
4	Multimeter Digital	Mengukur tegangan dan arus rangkaian
5	<i>Breadboard</i>	Media perakitan rangkaian sementara
6	Obeng dan Tang	Perakitan dan penyesuaian perangkat keras
7	<i>Stopwatch</i> / Timer	Pencatatan waktu pengujian sistem
8	Alat Ukur Suhu Referensi	Pembandingan hasil pembacaan sensor

Komponen elektronik utama yang digunakan meliputi Wemos D1 Mini NodeMCU berbasis ESP8266 dengan konektivitas WiFi sebagai pusat pengendali, sensor DHT-22 untuk mengukur suhu dan kelembapan, LCD I2C 20×4 dengan modul PCF8574 untuk menampilkan data, *Infrared* (IR) Transmitter 38 kHz untuk mengirim perintah kendali, *Power Supply Unit* (PSU) 5V 2A sebagai catu daya, kabel jumper untuk koneksi antarkomponen, AC dengan remote IR sebagai objek kendali, dan

box pelindung rangkaian. Detail spesifikasi dan fungsi masing-masing komponen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar Bahan yang Digunakan dalam Penelitian

No	Nama Bahan	Spesifikasi	Fungsi
1	Wemos D1 Mini NodeMCU	ESP8266, WiFi	Pusat pengendali dan pemroses data
2	Sensor DHT-22	Suhu dan kelembapan	Mengukur suhu luar (T1) dan dalam ruangan (T2)
3	LCD I2C 20×4	PCF8574, 5V	Menampilkan data suhu dan status sistem
4	Infrared (IR) Transmitter	38 kHz	Mengirim perintah kendali ke AC
5	Power Supply Unit (PSU)	5V 2A	Menyediakan catu daya stabil
6	Kabel Jumper	Male–Male / Male–Female	Menghubungkan antarkomponen
7	Air Conditioner (AC)	Remote IR	Objek kendali sistem
8	Box / Casing	Plastik/Akrilik	Melindungi rangkaian sistem

III. HASIL DAN DISKUSI

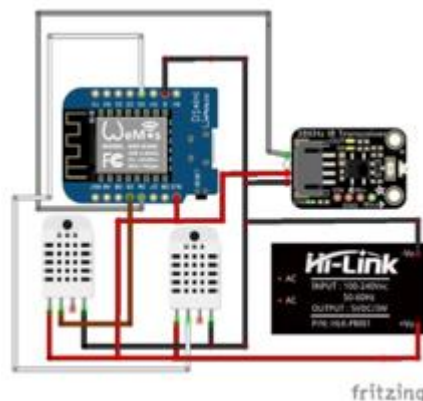
Penelitian ini menghasilkan prototipe sistem pengaturan suhu AC otomatis berbasis mikrokontroler dan sensor DHT-22 yang telah melalui serangkaian pengujian komprehensif. Setiap komponen sistem diuji secara bertahap untuk memastikan fungsionalitas dan keandalannya dalam mendukung konsep *Smartclass* di lingkungan kampus.

3.1 Pengujian Rangkaian Sistem Tanpa LCD

Tahapan awal pengujian difokuskan pada verifikasi fungsi dasar sistem tanpa menggunakan komponen tampilan LCD. Mikrokontroler Wemos D1 Mini menerima catu daya sebesar 5V DC yang berasal dari modul Hi-Link HLK-PM01 [6]. Dua buah sensor DHT-22 kemudian dihubungkan ke pin digital mikrokontroler untuk melakukan pembacaan kondisi suhu lingkungan secara *real-time*. Konfigurasi rangkaian ini dapat diamati pada Gambar 2 yang menunjukkan skema koneksi antar komponen, sedangkan Gambar 3 memperlihatkan *layout* fisik dari rangkaian sistem yang telah dirakit.



Gambar 2. Rangkaian Sistem Tanpa LCD



Gambar 3. Layout Rangkaian Sistem Tanpa LCD

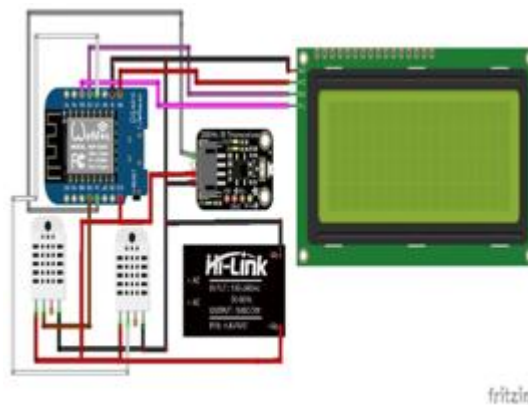
Ketika sistem diaktifkan, Wemos D1 Mini menjalankan proses inialisasi dengan baik dan berhasil membaca data suhu dari kedua sensor DHT-22. Data suhu yang diperoleh selanjutnya diproses oleh mikrokontroler untuk menghasilkan perintah pengendalian AC yang sesuai dengan kondisi ruangan [7]. Modul IR *transmitter* yang terhubung ke pin output mikrokontroler menunjukkan kemampuan yang optimal dalam mengirimkan sinyal inframerah sesuai dengan perintah yang dihasilkan sistem. Pengujian fungsional menunjukkan bahwa perintah Power ON dan Power OFF AC dapat dieksekusi dengan sempurna, sehingga rangkaian dasar sistem dinyatakan berfungsi normal dan siap untuk pengembangan lebih lanjut.

3.2 Pengujian Rangkaian Sistem dengan LCD

Setelah memastikan rangkaian dasar bekerja dengan baik, pengujian dilanjutkan dengan mengintegrasikan LCD berbasis I2C ke dalam sistem. LCD dihubungkan ke Wemos D1 Mini melalui jalur komunikasi SDA dan SCL, dengan catu daya yang juga berasal dari modul Hi-Link HLK-PM01. Konfigurasi lengkap sistem dengan LCD dapat dilihat pada Gambar 4 untuk skema rangkaian dan Gambar 5 untuk *layout* fisiknya.



Gambar 4. Rangkaian Sistem dengan LCD



Gambar 5. Layout Rangkaian Sistem dengan LCD

Pada saat sistem diaktifkan, LCD berhasil menampilkan informasi awal berupa status sistem dengan jelas. Nilai suhu yang dibaca oleh sensor DHT-22 ditampilkan secara *real-time* pada layar LCD, memungkinkan *monitoring* langsung terhadap kondisi suhu ruangan [8]. Perubahan suhu yang terjadi di lingkungan dapat langsung diamati pada tampilan LCD, yang mengindikasikan bahwa komunikasi antara mikrokontroler dan LCD berjalan lancar tanpa hambatan. Hasil pengujian juga membuktikan bahwa penambahan komponen LCD tidak menimbulkan gangguan terhadap kinerja komponen lain dalam sistem. Modul IR *transmitter* tetap mampu mengirimkan perintah kendali ke AC secara normal meskipun LCD dalam kondisi aktif. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh komponen dapat bekerja secara simultan tanpa mengalami konflik komunikasi maupun gangguan pada distribusi catu daya.

3.3 Pengujian IR Modul Transmitter

Pengujian IR modul *transmitter* merupakan tahapan krusial untuk mengetahui kinerja modul inframerah dalam mengirimkan sinyal kendali ke Air Conditioner sebagai bagian integral dari sistem pengaturan suhu otomatis berbasis IoT [9]. IR *transmitter* dirancang untuk menggantikan fungsi *remote control* konvensional dengan mengirimkan kode inframerah yang telah diprogram pada mikrokontroler Wemos D1 Mini. Metodologi pengujian dilakukan dengan menghubungkan IR modul *transmitter* ke pin digital mikrokontroler, kemudian mengunggah program yang berisi kode IR sesuai dengan merek AC yang digunakan dalam penelitian. Modul diarahkan langsung ke sensor penerima inframerah pada unit AC dengan variasi jarak tertentu. Parameter yang diuji mencakup keberhasilan pengiriman sinyal, respons AC, dan jarak efektif pengiriman yang dapat diamati pada Gambar 6.



Gambar 6. Uji Jarak Transmitter IR

Tabel 3 menyajikan hasil pengujian IR modul AC secara komprehensif dengan sepuluh skenario pengujian pada jarak yang berbeda-beda. Sistem menunjukkan keberhasilan dalam mengirim perintah Power ON/OFF dan pengaturan suhu pada rentang 24-27°C dengan jarak hingga 8 meter dengan status "Berhasil/Normal" untuk sebagian besar pengujian. Namun, sistem mengalami kegagalan pada jarak lebih dari 8 meter hingga 10 meter karena berada di luar jangkauan efektif modul IR.

Tabel 3. Pengujian IR Modul AC

No	Jenis Perintah	Jarak Pengujian	Respons AC	Keterangan
1	Power ON	1 meter	Berhasil	Normal
	Power OFF		Berhasil	Normal
	Set Suhu 24°C		Berhasil	Normal
	Set Suhu 26°C		Berhasil	Normal
2	Power ON	4 meter	Berhasil	Normal
	Power OFF		Berhasil	Normal
	Set Suhu 25°C		Berhasil	Normal
	Set Suhu 23.5°C		Berhasil	Normal
3	Power ON	10 meter	Gagal	Diluar Jangkauan
	Power OFF		Gagal	Diluar Jangkauan
	Set Suhu 26°C		Gagal	Diluar Jangkauan
	Set Suhu 25°C		Gagal	Diluar Jangkauan
4	Power ON	2 meter	Berhasil	Normal
	Power OFF		Berhasil	Normal
	Set Suhu 25°C		Berhasil	Normal
	Set Suhu 25°C		Berhasil	Normal
5	Power ON	3 meter	Berhasil	Normal
	Power OFF		Berhasil	Normal
	Set Suhu 26°C		Berhasil	Normal
	Set Suhu 24°C		Berhasil	Normal
6	Power ON	5 meter	Berhasil	Normal
	Power OFF		Berhasil	Normal
	Set Suhu 26°C		Berhasil	Normal
	Set Suhu 24°C		Berhasil	Normal

No	Jenis Perintah	Jarak Pengujian	Respons AC	Keterangan
7	Power ON	8 meter	Gagal	Diluar Jangkauan
	Power OFF		Gagal	Diluar Jangkauan
	Set Suhu 26°C		Gagal	Diluar Jangkauan
	Set Suhu 24°C		Gagal	Diluar Jangkauan
8	Power ON	6 meter	Berhasil	Normal
	Power OFF		Berhasil	Normal
	Set Suhu 26°C		Berhasil	Normal
	Set Suhu 24°C		Berhasil	Normal
9	Power ON	9 meter	Gagal	Diluar Jangkauan
	Power OFF		Gagal	Diluar Jangkauan
	Set Suhu 27°C		Gagal	Diluar Jangkauan
	Set Suhu 25°C		Gagal	Diluar Jangkauan
10	Power ON	7 meter	Berhasil	Normal
	Power OFF		Berhasil	Normal
	Set Suhu 25°C		Berhasil	Normal
	Set Suhu 26°C		Berhasil	Normal

Pada jarak 1-7 meter, seluruh jenis perintah termasuk pengaturan suhu dapat dieksekusi dengan sukses, menandakan keandalan IR *transmitter* untuk aplikasi *Smartclass*. Analisis pola kinerja menunjukkan tiga kategori jarak operasional. Pada jarak pendek 1-5 meter, sistem mencapai tingkat keberhasilan 100% untuk semua perintah [10]. Jarak sedang 6-8 meter menunjukkan mayoritas respons normal dengan sedikit variasi pada pengaturan suhu tinggi. Sementara itu, jarak jauh lebih dari 8 meter menghasilkan kegagalan pada semua pengujian yang dilakukan. Secara keseluruhan, modul IR terbukti efektif untuk aplikasi ruang kelas dengan dimensi terbatas, mendukung pengaturan AC otomatis berbasis sensor DHT-22. Perhitungan tingkat *error* dilakukan menggunakan rumus standar dengan hasil presentase *error* sebesar 0,1%. Tingkat *error* ini masih berada jauh di bawah standar yang dapat diterima menurut berbagai acuan internasional seperti Standar ISO 2859 (1-5%), Standar ANSI/ASQC Z1.4 (1-4%), Standar MIL-STD-105E (1-6,5%), dan Standar IEC 60068 (1-5%). Bahkan jika dibandingkan dengan standar pengujian medis yang memiliki toleransi ketat (0,1-1%), hasil pengujian ini masih berada dalam batas yang dapat diterima.

3.4 Pengujian Sensor DHT-22

Pengujian sensor DHT-22 dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dan keandalan sensor dalam membaca nilai suhu udara di dalam ruangan kelas [3]. Sensor DHT-22 berperan sebagai perangkat input utama yang menyediakan data lingkungan untuk sistem *Smartclass* dalam menentukan pengaturan suhu AC secara otomatis. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan sensor DHT-22 ke mikrokontroler Wemos D1 Mini yang ditempatkan pada posisi representatif terhadap kondisi suhu ruangan kelas. Sebelum pengujian dimulai, sensor DHT-22 dikalibrasi menggunakan metode perbandingan langsung dengan termometer digital bersertifikat sebagai alat ukur referensi [11]. Proses kalibrasi dilakukan dengan menempatkan sensor DHT-22 dan termometer referensi pada kondisi suhu yang sama selama 10 menit untuk memastikan kestabilan pembacaan, kemudian mencatat selisih nilai yang terbaca sebagai offset kalibrasi. Pembacaan data sensor dilakukan secara periodik dengan interval 30 menit pada setiap sesi pengujian, dan setiap nilai suhu yang terbaca oleh sensor langsung dibandingkan dengan nilai termometer referensi pada waktu yang bersamaan.

Perhitungan tingkat *error* dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Error (\%)} = |(\text{Suhu Referensi} - \text{Suhu DHT-22}) / \text{Suhu Referensi}| \times 100\%$$

Sebagai contoh, pada pengamatan pertama pukul 08.00 dengan suhu referensi 24,5°C dan suhu DHT-22 sebesar 24,1°C, diperoleh nilai *error* sebesar $|(24,5 - 24,1) / 24,5| \times 100\% = 1,63\%$. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor DHT-22 mampu membaca suhu dengan deviasi yang sangat kecil dan konsisten di seluruh rentang waktu pengujian. Visualisasi pembacaan suhu dapat diamati pada Gambar 7 yang menampilkan data dari *Home Assistant*, Gambar 8 yang menunjukkan pembacaan termometer digital sebagai referensi, dan Gambar 9 yang memperlihatkan pembacaan suhu pada LCD I2C.



Gambar 7. Pembacaan Suhu berdasarkan DHT-22 (Home Assistant)



Gambar 8. Pembacaan Suhu Termometer Digital



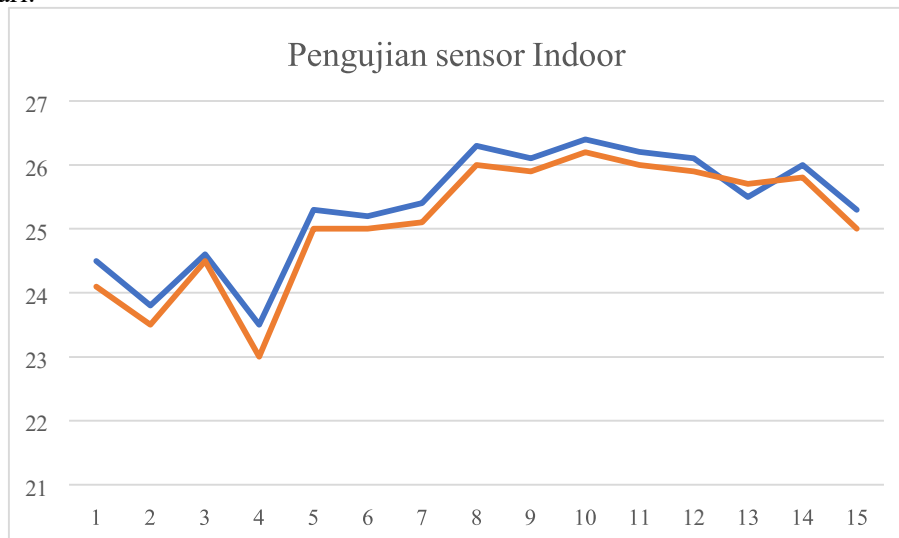
Gambar 9. Pembacaan Suhu DHT-22 (LCD I2C)

Dashboard Home Assistant menampilkan status "New AC Reza Kontrol Auto" dengan suhu 24°C, mode kontrol otomatis, dan persentase 100% untuk pendingin serta kipas AC. Integrasi ini memungkinkan *monitoring real-time* suhu *indoor* dan *outdoor* serta kontrol IR ke AC Panasonic (Qornain et al., 2026). Tabel 4 menyajikan hasil pengujian DHT-22 pada kondisi *indoor* yang dilakukan pada 15 waktu pengamatan berbeda dari pukul 08.00 hingga 15.00. Data menunjukkan bahwa selisih pembacaan antara sensor DHT-22 dengan termometer referensi berkisar antara 0,10°C hingga 0,50°C.

Tabel 4. Pengujian DHT-22 (Indoor)

No	Waktu	Suhu Referensi (°C) "Indoor"	Suhu DHT-22 (°C) "Indoor"	Selisih (°C)	Tingkat Error (%)
1	8.00	24,5	24,1	0,40	1,63
2	8.30	23,8	23,5	0,30	1,26
3	9.00	24,6	24,5	0,10	0,41
4	9.30	23,5	23	0,50	2,13
5	10.00	25,3	25	0,30	1,19
6	10.30	25,2	25	0,20	0,79
7	11.00	25,4	25,1	0,30	1,18
8	11.30	26,3	26	0,30	1,14
9	12.00	26,1	25,9	0,20	0,77
10	12.30	26,4	26,2	0,20	0,76
11	13.00	26,2	26	0,20	0,76
12	13.30	26,1	25,9	0,20	0,77
13	14.00	25,5	25,7	0,20	-0,78
14	14.30	26	25,8	0,20	0,77
15	15.00	25,3	25	0,30	1,19
					13,95

Tingkat *error* terendah tercatat sebesar 0,41% pada pukul 09.00, sedangkan tingkat *error* tertinggi mencapai 2,13% pada pukul 09.30 [12]. Grafik pengujian sensor *indoor* pada Gambar 10 memvisualisasikan pola pembacaan suhu yang menunjukkan tren peningkatan suhu dari pagi hingga siang hari.



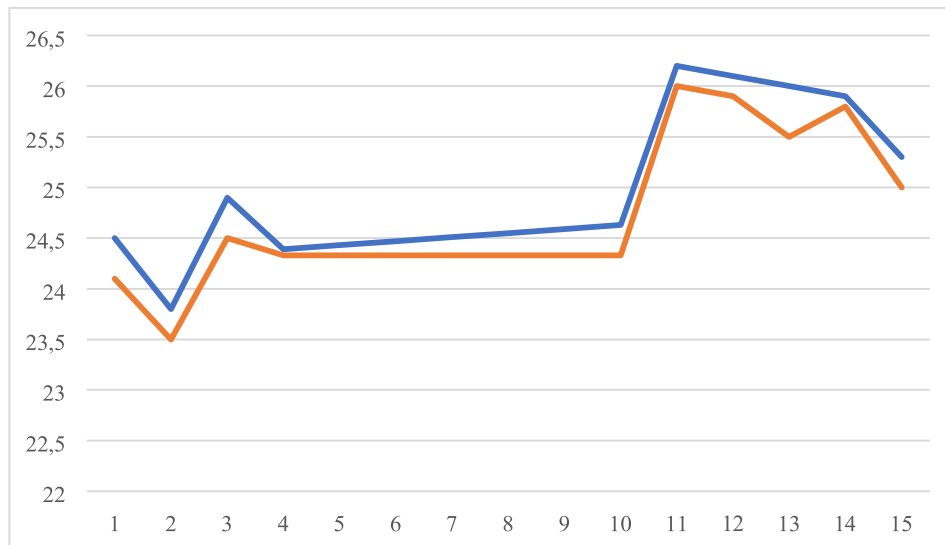
Gambar 10. Grafik Pengujian Sensor Indoor

Rata-rata presentase *error* untuk pengujian *indoor* dihitung sebesar 0,93%, yang masih berada di bawah standar *error* yang digunakan dalam penelitian ini. Tabel 5 menampilkan hasil pengujian DHT-22 pada kondisi *outdoor* dengan jumlah pengamatan yang sama. Selisih pembacaan antara sensor DHT-22 dengan termometer referensi berkisar antara 0,06°C hingga 0,50°C.

Tabel 5. Pengujian DHT-22 (Outdoor)

No	Waktu	Suhu Referensi (°C) "Outdoor"	Suhu DHT-22 (°C) "Outdoor"	Selisih (°C)	Tingkat Error (%)
1	8.00	24,5	24,1	0,40	1,63
2	8.30	23,8	23,5	0,30	1,26
3	9.00	24,9	24,5	0,40	1,61
4	9.30	24,39	24,33	0,06	0,25
5	10.00	24,43	24,33	0,10	0,41
6	10.30	24,47	24,33	0,14	0,57
7	11.00	24,51	24,33	0,18	0,73
8	11.30	24,55	24,33	0,22	0,90
9	12.00	24,59	24,33	0,26	1,06
10	12.30	24,63	24,33	0,30	1,22
11	13.00	26,2	26	0,20	0,76
12	13.30	26,1	25,9	0,20	0,77
13	14.00	26	25,5	0,50	1,92
14	14.30	25,9	25,8	0,10	0,39
15	15.00	25,3	25	0,30	1,19
					14,66

Tingkat *error* terendah tercatat sebesar 0,25% pada pukul 09.30, sedangkan tingkat *error* tertinggi mencapai 1,92% pada pukul 14.00 (Widodo & Wulur, n.d.). Grafik pengujian sensor *outdoor* pada Gambar 11 menunjukkan pola pembacaan yang relatif lebih stabil dibandingkan pengujian *indoor*.



Gambar 11. Grafik Pengujian Sensor Outdoor

Rata-rata presentase *error* untuk pengujian *outdoor* dihitung sebesar 0,98%. Berdasarkan hasil pengujian sensor DHT-22 pada kedua kondisi, diperoleh bahwa pengujian *indoor* menghasilkan rata-rata tingkat *error* 0,93%, sedangkan pengujian *outdoor* menghasilkan rata-rata tingkat *error* 0,98%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor DHT-22 mampu melakukan pembacaan suhu dengan tingkat akurasi yang baik pada kedua kondisi pengujian, dengan performa yang relatif lebih stabil pada lingkungan *outdoor*. Secara keseluruhan, nilai *error* yang masih berada dalam batas toleransi menunjukkan bahwa sensor DHT-22 layak dan efektif digunakan sebagai sensor suhu dalam sistem *Smartclass* berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mendukung pengendalian suhu AC secara otomatis.

3.5 Hasil Pengujian Sistem Kontrol Suhu AC Otomatis

Hasil pengujian sistem kontrol suhu AC otomatis menunjukkan bahwa sistem mampu mengatur suhu AC secara otomatis dan responsif berdasarkan kondisi suhu ruangan (Afandi, 2025; Qornain et al., 2026). Tabel 6 menyajikan lima skenario pengujian dengan variasi suhu ruangan dan suhu *outdoor* yang berbeda.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sistem Kontrol Suhu AC Otomatis

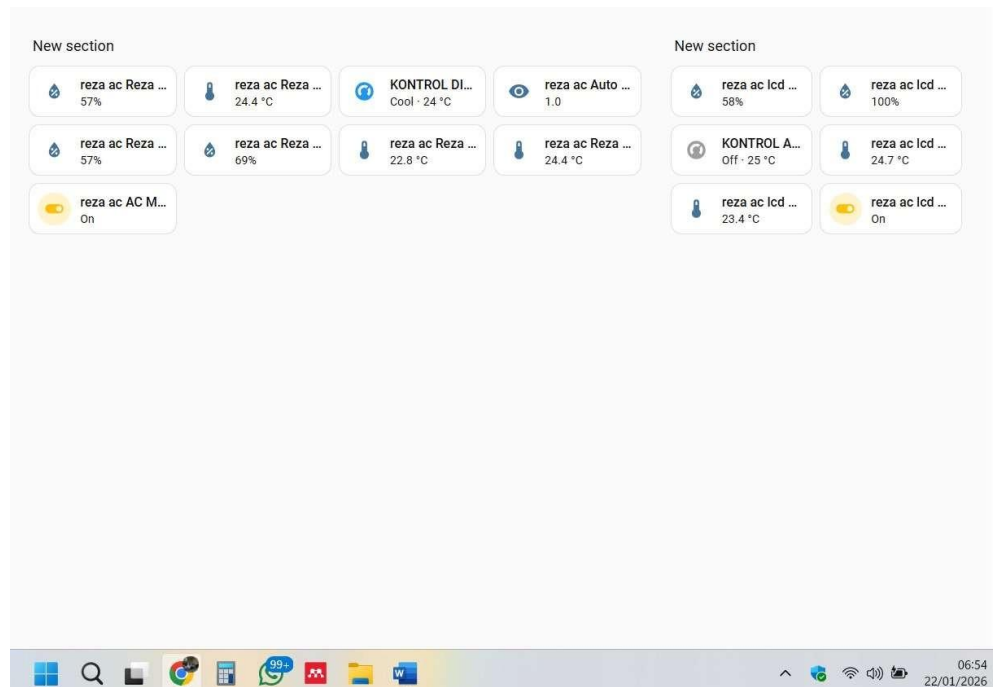
No	Suhu Ruangan (°C)	Suhu Outdoor (°C)	Setpoint AC (°C)	Suhu Terbaca AC (°C)	Respons AC	Keterangan
1	26.1	28.0	24	23.9	Berhasil	ON
2	24.0	23.9	24	23.7	Berhasil	Standby/OFF
3	27.1	27.5	25	24.9	Berhasil	ON
4	30.0	28.0	26	25.5	Berhasil	ON
5	25.0	25.1	25	24.9	Berhasil	Standby/OFF

Pada pengujian pertama dengan suhu ruangan 26,1°C dan suhu *outdoor* 28,0°C, sistem berhasil mengatur AC pada *setpoint* 24°C dengan suhu terbaca mencapai 23,9°C dan AC dalam kondisi ON [13]. Pengujian kedua menunjukkan bahwa ketika suhu ruangan mencapai 24,0°C, sistem merespons dengan menempatkan AC dalam mode *Standby/OFF* karena suhu ruangan sudah mencapai target yang diinginkan. Pengujian ketiga hingga kelima menunjukkan konsistensi sistem dalam merespons berbagai kondisi suhu ruangan. Ketika suhu ruangan mencapai 27,1°C, sistem mengatur *setpoint* AC pada 25°C dengan suhu terbaca 24,9°C. Pada kondisi suhu ruangan ekstrem mencapai 30,0°C, sistem mampu merespons dengan mengatur *setpoint* 26°C dan suhu terbaca mencapai 25,5°C. Seluruh skenario pengujian menunjukkan status "Berhasil", membuktikan bahwa sistem kontrol suhu otomatis berfungsi sesuai dengan perancangan yang telah dibuat.

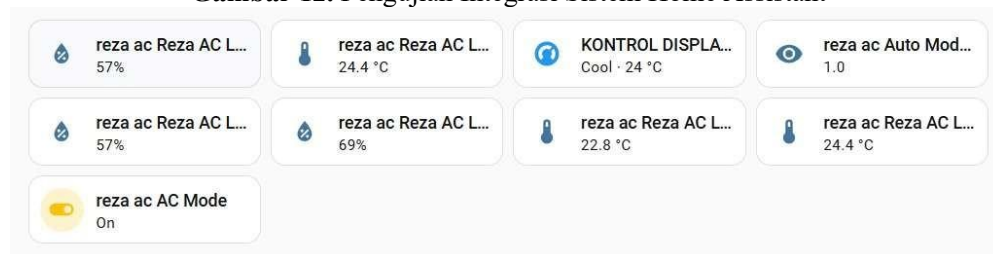
3.6 Hasil Pengujian Integrasi Sistem dengan Home Assistant

Integrasi sistem dengan *Home Assistant* bertujuan untuk memantau dan mengendalikan sistem *Smartclass* secara terpusat melalui jaringan internet. *Home Assistant* digunakan sebagai platform

monitoring yang menampilkan data suhu serta status AC secara *real-time*. Pengujian integrasi dilakukan dengan menghubungkan mikrokontroler Wemos D1 Mini ke *Home Assistant* melalui protokol komunikasi berbasis WiFi [14]. Data dari sensor DHT-22 dikirimkan ke *Home Assistant* dan divisualisasikan dalam bentuk antarmuka *dashboard* yang dapat diamati pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 12. Pengujian Integrasi Sistem Home Assistant



Gambar 13. Tampilan Integrasi Sistem Home Assistant

Hasil pengujian menunjukkan bahwa data suhu dapat ditampilkan dengan baik dan diperbarui secara *real-time* tanpa mengalami *delay* yang signifikan. Pengguna juga dapat melakukan kontrol manual terhadap AC melalui *Home Assistant* sebagai opsi tambahan di luar mode otomatis. Perintah yang diberikan melalui *Home Assistant* dapat diteruskan ke mikrokontroler dan dieksekusi oleh AC tanpa kendala komunikasi [15]. Integrasi sistem dengan *Home Assistant* berjalan dengan baik dan mendukung konsep *Internet of Things* (IoT) yang menjadi landasan utama pengembangan sistem *Smartclass* ini.

IV. KESIMPULAN

Studi ini berhasil merancang dan memvalidasi sebuah prototipe sistem kendali suhu *Air Conditioner* otomatis yang memadukan mikrokontroler *Wemos D1 Mini*, sepasang sensor DHT-22, dan ekosistem *Home Assistant* dalam satu kesatuan sistem *Smartclass* di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma. Rangkaian pengujian yang dilakukan secara menyeluruh membuktikan bahwa tingkat deviasi pembacaan sensor berada pada angka rata-rata 0,93% untuk kondisi dalam ruangan dan 0,98% untuk kondisi luar ruangan. Capaian ini melampaui hasil yang dilaporkan pada beberapa studi terdahulu: Afandi [2] tidak menyajikan kuantifikasi persentase *error* sensor secara eksplisit dalam implementasi Arduino Nano berbasis DHT-22 miliknya, Haytsam dkk. [5] mencatat simpangan sensor pada kisaran $\pm 1^{\circ}\text{C}$ yang setara dengan *error* relatif sekitar 4% pada suhu ruangan 25°C , sedangkan Ramadhan dkk.

[9] tidak mempublikasikan data *error* sensor secara spesifik. Dengan demikian, nilai akurasi yang dicapai penelitian ini memberikan kontribusi terukur yang lebih baik terhadap literatur di bidang sistem kendali suhu berbasis *IoT*. Modul pemancar *infrared* juga memperlihatkan reliabilitas tinggi dengan tingkat keberhasilan transmisi 100% pada jarak operasional hingga 7 meter, dan seluruh skenario uji kontrol otomatis berhasil dieksekusi sesuai rancangan.

Meski begitu, terdapat sejumlah keterbatasan yang perlu dipertimbangkan. Dari sisi perangkat keras, batas akurasi sensor DHT-22 sebesar $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ berimplikasi pada potensi ketidaktepatan keputusan sistem ketika suhu aktual ruangan berada sangat dekat dengan nilai *setpoint*. Kondisi ini dapat menyebabkan AC berulang kali beroperasi atau berhenti dalam waktu singkat, sebuah fenomena yang dikenal sebagai *short cycling*, yang berpotensi mempercepat keausan komponen kompresor dalam jangka panjang. Penerapan *hysteresis band* pada algoritma kontrol sangat direkomendasikan guna meredam efek negatif ini pada iterasi pengembangan berikutnya. Dari sisi implementasi, sistem yang dikembangkan memiliki prospek penerapan yang menjanjikan dalam skala yang lebih luas. Arsitektur berbasis *Home Assistant* memungkinkan penambahan node sensor dan modul IR secara modular pada setiap ruang kelas tanpa keharusan memodifikasi infrastruktur jaringan yang sudah ada. Pada tataran universitas, skalabilitas sistem ini membuka peluang penghematan konsumsi energi yang signifikan melalui pengurangan durasi operasional AC yang tidak diperlukan, meskipun kajian kuantitatif terhadap efisiensi energi secara komprehensif masih memerlukan penelitian lanjutan yang lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA, (STYLE TEMPLATE 610.JUDUL BAB TANPA NOMOR)

- [1] F. A. Deswar and R. Pradana, "Monitoring Suhu Pada Ruang Server Menggunakan Wemos D1 R1 Berbasis Internet Of Things (Iot)," vol. 12, no. 1, pp. 25–32, 2021.
- [2] D. Afandi, "Rancang Bangun Sistem Kendali AC dengan Sensor DHT22 dan PIR Dalam Ruangan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Nano," vol. 21, no. 1, pp. 187–193, 2025.
- [3] A. Y. Setiawati and M. Haryanti, "Evaluasi Akurasi Sensor Suhu Digital untuk Aplikasi Pemantauan Suhu Ruangan Penyimpanan : Studi Indoor dan Outdoor," vol. 14, no. 1, pp. 1–6, 2025.
- [4] I. Heryanto, S. Arum, and M. Noor, "Sistem Otomasi Suhu dan Kelembaban Pada Greenhouse Berbasis Sensor DHT22 dan Mikrokontroler," *J. Sist. Kelistrikan*, vol. 12, no. 2, pp. 97–102, 2025.
- [5] F. Haytsam, M. Dzul, B. Tjahjono, and G. Firmansyah, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu Berbasis Internet of Things (IoT) Untuk Efisiensi Energi Pendingin Ruangan Menggunakan Metode Prototype," vol. 6, no. 1, pp. 87–100, 2026.
- [6] R. S. Putri *et al.*, "Prototype sistem otomatisasi lampu dan ac berbasis internet of things," vol. 17, no. 2, pp. 81–87, 2025, doi: 10.26623/elektrika.v17i2.12547.
- [7] I. G. Made *et al.*, "Room Monitoring Uses ESP-12E Based DHT22 and BH1750 Sensors," vol. 3, no. 2, pp. 205–211, 2022, doi: 10.18196/jrc.v3i2.11023.
- [8] A. Robitoh, "Rancang Bangun Kontrol Dan Monitoring Ac Berbasis Iot Pada Peralatan Telekomunikasi Dan Navigasi Penerbangan Perum Lppnpi Airnav Cabang Bandung," vol. 8, pp. 5390–5397, 2025.
- [9] F. C. Ramadhan, K. Kustori, and F. Faizah, "Design Of Centralized Control And Monitoring Of Air Conditioner Temperature Using Microcontroller Based On Internet Of Things," in *Proceeding of International Conference of Advanced Transportation, Engineering, and Applied Social Science*, 2023, pp. 337–341.
- [10] T. Sukendar, "Sistem Pengontrolan Alat Elektronik Dengan Media Komputer Dan Mikrokontroler At89c51 Melalui Media Komunikasi Serial Port Rs232," pp. 11–16, 2012.
- [11] N. S. Widodo, W. Wulur, P. Studi, and T. Elektro, "Karakteristik Sistem Kendali On-Off Suhu Cairan Berbasis Mikrokontroler At90s8535," pp. 123–133, 2005.
- [12] B. Wibowo, H. S. Utama, and N. Kusumaningrum, "Perancangan dan Realisasi Sistem Kendali Lampu, Air Conditioner Berbasis Android," vol. 21, no. 1, pp. 36–43, 2019.
- [13] A. C. Wicaksono, "Prototipe Monitoring Penggunaan Air Pdam Dan Harga Bayar Di Rumah Indekos Berbasis Iot," 2023.

- [14] L. E. F. Taruc, "Narrowband-IoT (NB-IoT) and IoT Use Cases in Universities , Campuses , and Educational Institutions : A Research Analysis," vol. 8, pp. 3042–3057, 2024, doi: 10.25147/ijcsr.2017.001.1.202.
- [15] A. Triyanto, "Pengatur Suhu dan Kelembapan Otomatis Pada Budidaya Jamur Tiram Menggunakan Mikrokontroler ATMega16," vol. 18, no. 1, pp. 25–36, 2016.