



## RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN RUANG KELAS BERBASIS IOT MENGUNAKAN ESP32

Yusuf Sihombing<sup>1\*</sup>, Biondi Sitompul<sup>2</sup>, Dicki C Manurung<sup>3</sup>, Eka Dodi Suryanto<sup>4</sup>,  
Dian Putra Saragi,<sup>5</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,  
Universitas Negeri Medan, Jalan Willem Iskandar PsV, Kota Medan, Provinsi Sumatera  
Utara, Negara Indonesia , Kode Pos 2022

[yusuf.5232530001@mhs.unimed.ac.id](mailto:yusuf.5232530001@mhs.unimed.ac.id), [biondi.5232230002@mhs.unimed.ac.id](mailto:biondi.5232230002@mhs.unimed.ac.id),  
[dicki.5232530004@mhs.unimed.ac.id](mailto:dicki.5232530004@mhs.unimed.ac.id), [ekadodisuryanto@unimed.ac.id](mailto:ekadodisuryanto@unimed.ac.id), [dianpsaragi@unimed.ac.id](mailto:dianpsaragi@unimed.ac.id)

**Abstract.** Classroom environmental conditions play an important role in supporting the comfort and effectiveness of the teaching and learning process. Parameters such as temperature, humidity, light intensity, and air quality directly affect students' concentration, health, and productivity. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based monitoring and control system for classroom environments using the ESP32 microcontroller. The proposed system integrates multiple sensors, including DHT22 for temperature and humidity, LDR for light intensity, and MQ-2 for air quality detection. Data collected from the sensors are processed by ESP32 and transmitted in real-time to an IoT platform for remote monitoring, while also displayed locally on an LCD. The system employs an ON-OFF control method to automatically regulate devices such as fans, lamps, exhaust fans, and humidifiers based on predefined threshold values. The results show that the system is capable of monitoring environmental parameters accurately and responding automatically to changes in real-time conditions. The integration of monitoring and control functions in a single IoT-based system provides an effective and efficient solution for improving classroom environmental quality. This system can be further developed as part of a smart classroom concept to enhance learning comfort and environmental management.

**Keywords:** air quality; ESP32; IoT; monitoring system; smart classroom

**Abstrak.** Kondisi lingkungan ruang kelas memiliki peran penting dalam mendukung kenyamanan dan efektivitas proses belajar mengajar. Parameter seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan kualitas udara berpengaruh langsung terhadap konsentrasi, kesehatan, dan produktivitas siswa. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sistem monitoring dan pengendalian lingkungan ruang kelas berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan beberapa sensor, yaitu DHT22 untuk suhu dan kelembapan, LDR untuk intensitas cahaya, serta MQ-2 untuk mendeteksi kualitas udara. Data dari sensor diproses oleh ESP32 dan dikirimkan secara real-time ke platform IoT untuk monitoring jarak jauh, serta ditampilkan secara lokal melalui LCD. Sistem menggunakan metode kontrol ON-OFF untuk mengendalikan perangkat seperti kipas, lampu, exhaust fan, dan humidifier berdasarkan nilai ambang batas yang telah ditentukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring secara akurat dan memberikan respon pengendalian secara otomatis terhadap perubahan kondisi lingkungan. Integrasi antara fungsi monitoring dan pengendalian dalam satu sistem berbasis IoT memberikan solusi yang efektif dan efisien dalam meningkatkan kualitas lingkungan ruang kelas. Sistem ini berpotensi dikembangkan lebih lanjut sebagai bagian dari konsep smart classroom.

**Kata kunci:** ESP32; Internet of Things; kualitas udara; monitoring; smart classroom

### LATAR BELAKANG

Kondisi lingkungan ruang kelas memiliki peran penting dalam menunjang kenyamanan dan efektivitas proses belajar mengajar. Parameter lingkungan seperti suhu,

kelembapan, intensitas cahaya, dan kualitas udara secara langsung memengaruhi konsentrasi, kesehatan, serta produktivitas siswa dan tenaga pengajar. Lingkungan dengan suhu yang terlalu tinggi, pencahayaan yang kurang memadai, serta kualitas udara yang buruk dapat menurunkan kualitas pembelajaran dan menyebabkan ketidaknyamanan dalam aktivitas belajar (Pebralia et al., 2024). Selain itu, kualitas udara yang tidak terkontrol dalam ruangan berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan, seperti iritasi saluran pernapasan akibat paparan gas berbahaya yang terakumulasi di dalam ruangan (Kurniawan et al., 2016).

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan solusi dalam sistem monitoring dan pengendalian lingkungan secara otomatis dan terintegrasi. IoT memungkinkan perangkat untuk saling terhubung melalui jaringan internet sehingga data dari sensor dapat dikirim dan dipantau secara real-time melalui platform berbasis web maupun aplikasi mobile. Penerapan IoT pada sistem monitoring lingkungan telah terbukti mampu meningkatkan efisiensi dalam pengumpulan dan pengolahan data serta memberikan kemudahan dalam pemantauan kondisi ruangan secara berkelanjutan (Prasetyo et al., 2019). Selain itu, penggunaan mikrokontroler seperti ESP32 yang telah dilengkapi dengan modul WiFi memungkinkan proses komunikasi data dilakukan secara nirkabel dengan biaya yang relatif rendah dan fleksibilitas yang tinggi (Kurnia AR, 2018).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring lingkungan berbasis sensor. Sistem monitoring suhu dan kelembapan berbasis IoT mampu menampilkan data secara real-time melalui web server atau aplikasi (Prasetyo et al., 2019). Penelitian lain menunjukkan bahwa penggunaan sensor suhu, kelembapan, dan cahaya memiliki tingkat akurasi dan presisi yang baik dalam memantau kondisi lingkungan ruangan (Pebralia et al., 2024). Selain itu, sistem pemantauan kualitas udara menggunakan sensor gas seperti MQ-2 mampu mendeteksi keberadaan gas berbahaya seperti asap, LPG, dan gas mudah terbakar secara real-time (Kurniawan et al., 2016). Di sisi lain, penelitian terkait sistem kendali otomatis menunjukkan bahwa metode kontrol ON-OFF efektif digunakan untuk mengendalikan perangkat seperti kipas berdasarkan kondisi suhu ruangan (Sudrajat & Rofifah, 2023).

Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada fungsi monitoring saja atau hanya mengimplementasikan pengendalian secara terpisah. Sistem

yang mengintegrasikan monitoring multi-parameter lingkungan (suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan kualitas udara) dengan pengendalian otomatis dalam satu platform berbasis IoT masih terbatas. Selain itu, belum banyak sistem yang mampu menggabungkan fungsi monitoring real-time, pengendalian otomatis, serta tampilan data secara lokal dan jarak jauh dalam satu kesatuan sistem yang sederhana dan aplikatif.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sistem monitoring dan pengendalian lingkungan ruang kelas berbasis IoT menggunakan ESP32 yang terintegrasi dengan sensor suhu dan kelembapan (DHT22), sensor cahaya (LDR), serta sensor kualitas udara (MQ-2). Sistem ini mampu melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara real-time, menampilkan data melalui LCD dan platform IoT, serta mengendalikan perangkat seperti kipas, lampu, exhaust fan, dan humidifier secara otomatis berdasarkan nilai ambang batas yang telah ditentukan. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan lingkungan belajar serta mendukung implementasi konsep smart classroom berbasis teknologi IoT.

## **KAJIAN TEORITIS**

Sistem monitoring dan pengendalian lingkungan merupakan suatu sistem yang dirancang untuk mengamati serta mengatur kondisi fisik suatu ruang agar tetap berada pada kondisi yang optimal. Parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan kualitas udara merupakan faktor penting yang memengaruhi kenyamanan, kesehatan, dan produktivitas pengguna ruangan. Suhu dan kelembapan yang tidak sesuai dapat menyebabkan ketidaknyamanan termal, sedangkan pencahayaan yang kurang memadai dapat mengganggu aktivitas visual. Selain itu, kualitas udara yang buruk akibat adanya gas berbahaya dapat berdampak negatif terhadap kesehatan manusia (Pebralia et al., 2024).

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan sistem monitoring dan pengendalian dilakukan secara otomatis dan terintegrasi melalui jaringan internet. IoT merupakan konsep yang menghubungkan berbagai perangkat fisik sehingga dapat saling berkomunikasi dan bertukar data secara real-time. Implementasi IoT pada sistem monitoring lingkungan memungkinkan data sensor dikirimkan ke server atau platform berbasis cloud sehingga dapat dipantau dari jarak jauh melalui aplikasi atau web

(Prasetyo et al., 2019). Dengan adanya IoT, proses monitoring menjadi lebih efisien, akurat, dan mudah diakses kapan saja.

Mikrokontroler ESP32 merupakan salah satu perangkat yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem IoT karena telah dilengkapi dengan modul WiFi dan Bluetooth. ESP32 memiliki kemampuan pemrosesan data yang cukup tinggi serta mendukung berbagai jenis sensor input dan output digital maupun analog. Dengan fitur komunikasi nirkabel yang dimilikinya, ESP32 mampu mengirimkan data sensor secara real-time ke platform IoT sehingga sangat cocok digunakan dalam sistem monitoring dan pengendalian lingkungan (Kurnia AR, 2018).

Dalam sistem monitoring lingkungan, sensor berperan sebagai komponen utama dalam pengambilan data. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara secara simultan dengan tingkat akurasi yang cukup baik untuk aplikasi ruangan. Sensor LDR (Light Dependent Resistor) digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya berdasarkan perubahan nilai resistansi terhadap cahaya yang diterima. Sementara itu, sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas seperti asap, LPG, dan gas mudah terbakar di dalam ruangan. Penggunaan kombinasi beberapa sensor ini memungkinkan sistem untuk memantau kondisi lingkungan secara lebih komprehensif (Kurnia Utama, 2016).

Selain monitoring, sistem ini juga dilengkapi dengan fungsi pengendalian otomatis menggunakan modul relay sebagai saklar elektronik. Relay bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik yang memungkinkan pengendalian perangkat listrik dengan arus kecil untuk mengendalikan arus yang lebih besar. Dalam penelitian ini, relay digunakan untuk mengontrol perangkat seperti kipas, lampu, exhaust fan, dan humidifier sesuai dengan kondisi lingkungan yang terdeteksi oleh sensor.

Metode pengendalian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kontrol ON-OFF. Metode ini merupakan metode pengendalian sederhana yang bekerja berdasarkan nilai ambang batas (setpoint) tertentu. Ketika nilai parameter lingkungan melebihi batas yang telah ditentukan, sistem akan mengaktifkan aktuator, dan akan menonaktifkannya ketika kondisi kembali normal. Metode ON-OFF banyak digunakan karena mudah diimplementasikan serta cukup efektif dalam pengendalian sistem sederhana (Sudrajat & Rofifah, 2023).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem monitoring lingkungan berbasis IoT. Penelitian oleh (Prasetyo et al., 2019) menunjukkan bahwa sistem monitoring suhu dan kelembapan berbasis web server mampu menampilkan data secara real-time dan menyimpannya dalam database. Penelitian lain oleh (Pebralia et al., 2024) menunjukkan bahwa sistem monitoring multi-parameter lingkungan memiliki tingkat akurasi yang baik dalam pengukuran kondisi ruangan. Selain itu, penelitian oleh (Kurniawan et al., 2016) menunjukkan bahwa sensor MQ-2 mampu mendeteksi gas berbahaya secara real-time dalam lingkungan tertutup. Di sisi lain, penelitian oleh (Sudrajat & Rofifah, 2023) menunjukkan bahwa sistem kendali otomatis berbasis sensor suhu dengan metode ON-OFF efektif dalam mengontrol perangkat seperti kipas angin.

Berdasarkan kajian teori dan penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa teknologi IoT, mikrokontroler ESP32, serta penggunaan berbagai sensor lingkungan memiliki potensi yang besar dalam pengembangan sistem monitoring dan pengendalian lingkungan. Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada fungsi monitoring saja atau pengendalian secara terpisah. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem yang mengintegrasikan monitoring multi-parameter lingkungan dengan pengendalian otomatis dalam satu sistem berbasis IoT yang dapat bekerja secara real-time dan terintegrasi.

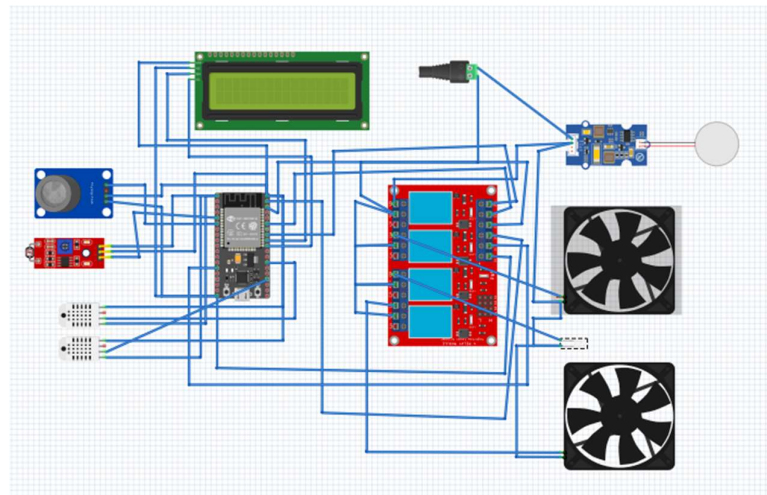
## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan perancangan dan realisasi sistem (design and implementation approach). Pendekatan ini digunakan untuk merancang, membangun, serta menguji sistem monitoring dan pengendalian lingkungan ruang kelas berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem yang dikembangkan bertujuan untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time serta mengendalikan perangkat secara otomatis berdasarkan nilai ambang batas tertentu.

Populasi dalam penelitian ini adalah kondisi lingkungan ruang kelas yang mencakup parameter suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan kualitas udara. Sampel penelitian berupa data hasil pembacaan sensor yang diperoleh dari sistem yang telah dirancang. Data diambil secara periodik dalam rentang waktu tertentu untuk melihat perubahan kondisi lingkungan serta respon sistem terhadap perubahan tersebut.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui metode observasi langsung terhadap hasil pembacaan sensor yang ditampilkan pada LCD dan platform IoT. Data yang dikumpulkan meliputi nilai suhu dan kelembapan dari sensor DHT22, intensitas cahaya dari sensor LDR, serta kualitas udara dari sensor MQ-2. Selain itu, dilakukan pengamatan terhadap respon aktuator seperti kipas, lampu, exhaust fan, dan humidifier yang dikendalikan melalui modul relay.

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras meliputi mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data, sensor DHT22 sebagai pengukur suhu dan kelembapan, sensor LDR sebagai pengukur intensitas cahaya, sensor MQ-2 sebagai pendeteksi kualitas udara, modul relay sebagai pengendali perangkat, serta LCD sebagai media tampilan lokal. Perangkat lunak yang digunakan meliputi Arduino IDE untuk pemrograman sistem, platform IoT (Blynk) untuk monitoring jarak jauh, serta serial monitor untuk proses debugging. Untuk memperjelas hubungan antar komponen, perancangan sistem ditunjukkan pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2 Rangkaian Sistem ESP32.**

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan nilai hasil pembacaan sensor terhadap kondisi lingkungan aktual serta nilai ambang batas (setpoint) yang telah ditentukan. Sistem pengendalian menggunakan metode kontrol ON-OFF, yaitu metode yang bekerja berdasarkan kondisi batas tertentu. Sebagai contoh, jika suhu melebihi nilai ambang batas yang ditentukan, maka kipas akan aktif, dan akan mati ketika suhu kembali normal. Demikian pula pada parameter lainnya, seperti intensitas cahaya

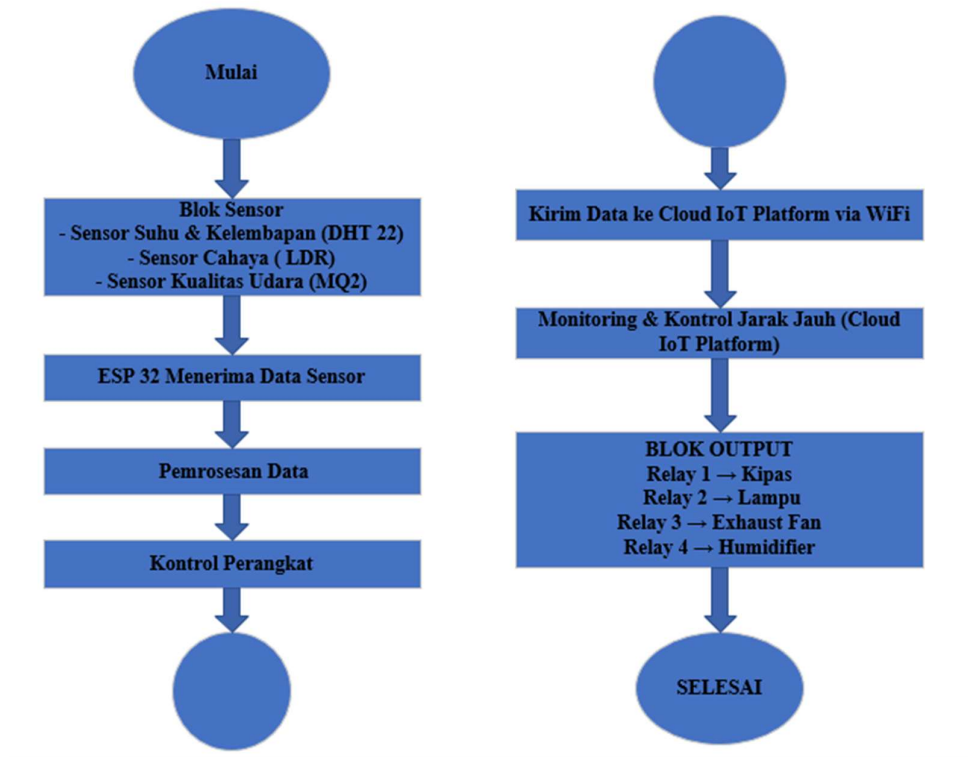
yang mengontrol lampu serta kualitas udara yang mengontrol exhaust fan. Metode ON-OFF dipilih karena memiliki struktur sederhana dan efektif dalam pengendalian sistem berbasis kondisi lingkungan (Sudrajat & Rofifah, 2023).

Model penelitian yang digunakan merupakan model sistem monitoring dan pengendalian berbasis IoT yang terdiri dari tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output. Input berupa data dari sensor suhu, kelembapan, cahaya, dan kualitas udara. Proses dilakukan oleh ESP32 yang mengolah data sensor dan menentukan aksi pengendalian berdasarkan nilai ambang batas. Output berupa tampilan data pada LCD dan platform IoT, serta pengendalian perangkat melalui modul relay. Keterangan model sistem ini menjelaskan bahwa setiap perubahan nilai input akan memengaruhi proses pengambilan keputusan oleh sistem, yang kemudian menghasilkan output berupa aksi pengendalian dan informasi monitoring secara real-time.

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja dan keandalan sistem dalam membaca data sensor serta mengendalikan perangkat. Pengujian meliputi pengujian pembacaan sensor, pengujian konektivitas IoT, serta pengujian respon aktuator terhadap perubahan kondisi lingkungan. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui apakah sistem telah bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dibuat.

#### **Alur Kerja Sistem (Flowchart)**

Alur kerja sistem monitoring dan pengendalian lingkungan ruang kelas berbasis ESP32 secara lengkap dapat digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut. Sistem dimulai dengan proses inisialisasi seluruh komponen, kemudian dilanjutkan dengan pembacaan data sensor secara berkala, serta masuk ke dalam proses monitoring dan pengendalian yang berlangsung secara terus-menerus.



Gambar 3.3 Diagram Alir (Flowchart) Sistem.

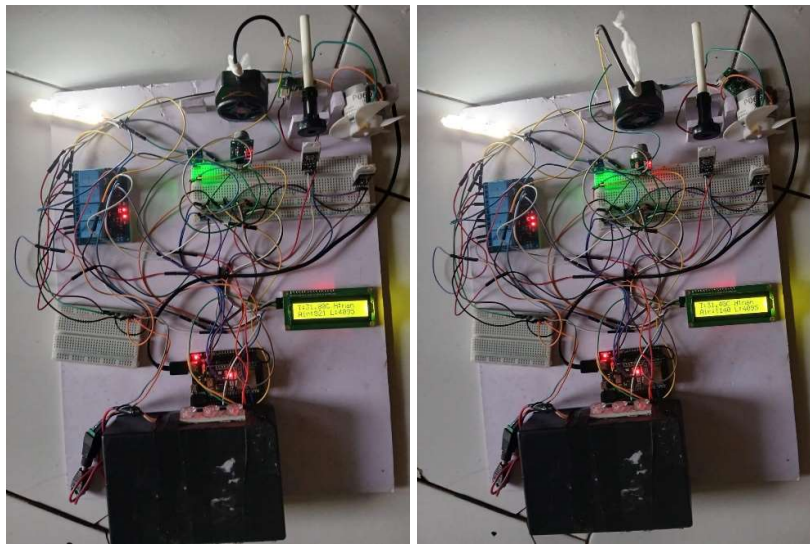
Berdasarkan Gambar 3.1, alur kerja sistem dimulai dari tahap **mulai**, kemudian sistem melakukan inisialisasi perangkat yang meliputi mikrokontroler ESP32, sensor DHT22, sensor LDR, sensor MQ-2, serta koneksi WiFi. Selanjutnya, sistem membaca data dari sensor berupa suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan kualitas udara. Data tersebut kemudian diproses oleh ESP32 untuk menentukan kondisi lingkungan berdasarkan nilai ambang batas yang telah ditentukan.

Apabila suhu melebihi batas tertentu, maka sistem akan mengaktifkan kipas. Jika kelembapan berada di bawah batas yang ditentukan, maka humidifier akan diaktifkan. Untuk kondisi pencahayaan, sistem menggunakan sensor LDR, di mana nilai yang tinggi menunjukkan kondisi gelap sehingga lampu akan menyala, sedangkan nilai rendah menunjukkan kondisi terang sehingga lampu akan dimatikan. Selain itu, jika nilai sensor MQ-2 menunjukkan peningkatan konsentrasi gas di udara, maka exhaust fan akan diaktifkan.

Setelah proses pengendalian dilakukan, data hasil pembacaan sensor akan dikirimkan ke platform IoT melalui jaringan WiFi sehingga dapat dimonitor secara jarak jauh. Data tersebut juga ditampilkan pada LCD sebagai monitoring lokal. Proses ini berlangsung secara berulang (loop) sehingga sistem dapat melakukan monitoring dan pengendalian secara real-time hingga kondisi sistem dihentikan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini dilakukan dalam skala prototype pada ruang kelas terbatas di lingkungan Universitas Negeri Medan. Proses pengambilan data dilakukan selama beberapa hari dengan interval pembacaan sensor setiap 5 detik. Parameter yang diamati meliputi suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan kualitas udara. Data diperoleh melalui pembacaan sensor yang ditampilkan pada LCD serta platform IoT (Blynk) secara real-time. Hasil implementasi sistem dalam bentuk prototype ditunjukkan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1 Prototype Sistem Monitoring dan Pengendalian**

### **A. Hasil Pengujian Sistem**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dalam membaca data sensor serta respon aktuator terhadap perubahan kondisi lingkungan. Hasil pengujian sistem ditunjukkan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sistem Monitoring dan Pengendalian**

No	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	LDR (ADC)	MQ-2	Kipas	Humidifier	Lampu	Exhaust Fan
1	29	70	150	200	OFF	OFF	OFF	OFF
2	31	65	300	250	OFF	OFF	OFF	OFF
3	33	60	400	300	OFF	OFF	OFF	OFF
4	30	75	2000	450	OFF	OFF	ON	OFF
5	34	55	4095	600	ON	ON	ON	ON

Penjelasan:

Berdasarkan Tabel 4.1, sistem menunjukkan kinerja yang sesuai dengan logika kontrol yang telah diprogram. Kipas akan aktif ketika suhu melebihi 33°C, humidifier akan aktif ketika kelembapan kurang dari 60%, dan exhaust fan akan aktif ketika nilai sensor MQ-2 melebihi 500. Sementara itu, lampu dikendalikan berdasarkan nilai sensor LDR yang bersifat invers, di mana nilai tinggi menunjukkan kondisi gelap sehingga lampu akan menyala ketika nilai LDR melebihi 2500. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu merespon kondisi lingkungan secara otomatis dan akurat sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

### **B. Analisis Kinerja Sensor**

Sensor DHT22, LDR, dan MQ-2 pada sistem yang dirancang menunjukkan kemampuan dalam mendeteksi perubahan kondisi lingkungan secara real-time. Nilai suhu dan kelembapan yang diperoleh dari sensor DHT22 relatif stabil dan mampu merepresentasikan kondisi lingkungan ruangan dengan baik. Perubahan nilai yang ditampilkan mengikuti kondisi aktual, sehingga sensor ini dapat digunakan sebagai parameter utama dalam pengendalian suhu dan kelembapan.

Sensor LDR digunakan untuk mendeteksi tingkat pencahayaan berdasarkan nilai analog (ADC) yang dihasilkan. Nilai ADC yang tinggi menunjukkan kondisi gelap, sedangkan nilai rendah menunjukkan kondisi terang. Perubahan nilai ini berpengaruh

langsung terhadap sistem pengendalian lampu, di mana lampu akan aktif saat kondisi gelap dan nonaktif saat kondisi terang. Hal ini menunjukkan bahwa sensor LDR mampu bekerja dengan baik dalam mendeteksi perubahan intensitas cahaya secara relatif.

Sensor MQ-2 menunjukkan respon yang cukup baik dalam mendeteksi perubahan kualitas udara berdasarkan konsentrasi gas yang terukur. Peningkatan nilai sensor menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi gas di udara, yang kemudian memicu sistem untuk mengaktifkan exhaust fan sebagai bentuk pengendalian.

Secara keseluruhan, kombinasi sensor yang digunakan mampu memberikan data yang konsisten dan responsif dalam memantau kondisi lingkungan. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penggunaan sensor lingkungan pada sistem berbasis Internet of Things (IoT) dapat memberikan performa monitoring yang cukup akurat dan andal.

### **C. Analisis Sistem Pengendalian**

Sistem pengendalian menggunakan metode ON–OFF berdasarkan nilai ambang batas (setpoint) yang telah ditentukan. Logika pengendalian yang digunakan adalah sebagai berikut:

Suhu > 33°C → Kipas ON

Kelembapan < 60% → Humidifier ON

LDR = 4000 → Lampu ON

LDR < 3500 → Lampu OFF

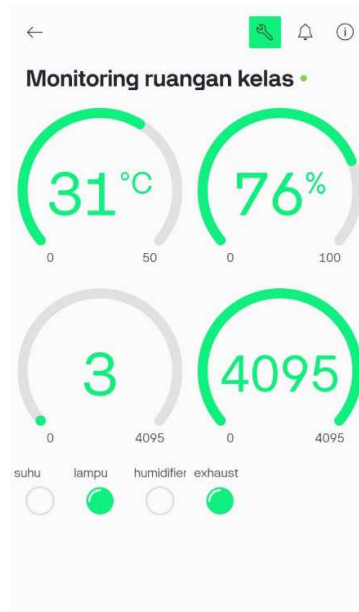
MQ-2 > 500 → Exhaust Fan ON

Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mengendalikan perangkat secara otomatis sesuai dengan kondisi lingkungan. Respon aktuator terjadi secara langsung setelah sensor mendeteksi perubahan nilai parameter. Hal ini menunjukkan bahwa metode ON–OFF efektif digunakan dalam sistem pengendalian sederhana berbasis kondisi lingkungan.

Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa metode ON–OFF memiliki keunggulan dalam kesederhanaan implementasi serta mampu memberikan respon yang cepat terhadap perubahan kondisi.

#### **D. Integrasi Sistem IoT**

Sistem yang dirancang berhasil mengirimkan data sensor ke platform IoT (Blynk) secara real-time melalui jaringan WiFi. Data yang ditampilkan pada aplikasi sesuai dengan data yang ditampilkan pada LCD, sehingga menunjukkan bahwa sistem bekerja secara sinkron antara monitoring lokal dan monitoring jarak jauh.



**Gambar 4.2. tampilan Blynk / LCD**

Selain itu, sistem juga memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi ruangan dari jarak jauh menggunakan smartphone. Hal ini menunjukkan bahwa implementasi IoT pada sistem ini berjalan dengan baik dan memberikan kemudahan dalam pengawasan lingkungan.

#### **E. Pembahasan dan Keterkaitan dengan Penelitian Sebelumnya**

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem monitoring dan pengendalian lingkungan berbasis IoT menggunakan ESP32 mampu bekerja dengan baik dalam memantau dan mengendalikan kondisi lingkungan ruang kelas secara real-time. Sistem ini memiliki keunggulan dibandingkan penelitian sebelumnya karena mampu mengintegrasikan monitoring multi-parameter dengan pengendalian otomatis dalam satu sistem.

Penelitian sebelumnya umumnya hanya berfokus pada monitoring suhu dan kelembapan atau pengendalian perangkat secara terpisah. Sementara itu, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini mampu menggabungkan berbagai parameter lingkungan serta fungsi pengendalian dalam satu platform IoT yang terintegrasi.

#### **F. Implikasi Penelitian**

Secara teoritis, penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi IoT dengan sensor lingkungan dan sistem kontrol sederhana dapat menghasilkan sistem monitoring dan pengendalian yang efektif. Secara praktis, sistem ini dapat diterapkan pada ruang kelas untuk meningkatkan kenyamanan dan kualitas lingkungan belajar.

Selain itu, sistem ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi konsep smart classroom yang lebih kompleks dengan penambahan fitur seperti kontrol berbasis aplikasi, notifikasi, serta integrasi dengan sistem manajemen gedung.

#### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Penelitian ini berhasil merancang dan merealisasikan sistem monitoring dan pengendalian lingkungan ruang kelas berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 yang mampu memantau parameter suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan kualitas udara secara real-time. Sistem yang dikembangkan dapat mengintegrasikan fungsi monitoring dan pengendalian dalam satu platform yang bekerja secara otomatis menggunakan metode kontrol ON-OFF berdasarkan nilai ambang batas yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca data sensor dengan baik, menampilkan informasi secara lokal melalui LCD dan secara jarak jauh melalui platform IoT, serta memberikan respon pengendalian yang sesuai terhadap perubahan kondisi lingkungan. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi solusi yang efektif dan efisien dalam meningkatkan kenyamanan lingkungan ruang kelas serta mendukung penerapan konsep smart classroom berbasis teknologi IoT.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, di antaranya pengujian yang dilakukan masih dalam skala prototype dan belum diterapkan pada kondisi ruang kelas secara luas dengan variasi lingkungan yang lebih kompleks. Selain itu, metode kontrol yang digunakan masih sederhana sehingga belum mampu memberikan pengendalian yang lebih adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sistem dengan metode kontrol yang lebih cerdas, seperti fuzzy logic atau PID, serta melakukan pengujian dalam skala yang lebih besar dan kondisi nyata. Pengembangan fitur tambahan seperti notifikasi berbasis aplikasi, integrasi dengan sistem manajemen gedung, serta peningkatan akurasi sensor juga dapat menjadi langkah lanjutan untuk meningkatkan performa dan keandalan sistem.

#### **DAFTAR REFERENSI**

- Kurnia AR, H. (2018). Implementasi iot pada sistem monitoring suhu. *Ejournal.Unsrat.Ac.Id*, 7(3), 333–334.  
<https://ejournal.itn.ac.id/jati/article/view/12874/7115>
- Kurnia Utama, Y. A. (2016). Perbandingan Kualitas Antar Sensor Suhu dengan Menggunakan Arduino Pro Mini. *E-NARODROID*, 2(2).  
<https://doi.org/10.31090/narodroid.v2i2.210>
- Kurniawan, A., Munadi, R., & Mayasari, R. (2016). Implementasi dan Analisa Jaringan Wireless Sensor Untuk Monitoring Suhu , Kelembaban dan Kadar CO2 Pada Ruangan. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri (SENATI)*, 20–25.
- Pebralia, J., Fendriani, Y., Ficky Afrianto, M., & Syaquila, C. N. (2024). Rancang Bangun Sistem Pengukuran Intensitas Cahaya, Suhu, Dan Kelembaban Ruangan Berbasis Sensor. *JoP*, 10(1), 37–42.
- Prasetyo, Ivan P S, & Qisthi Al Hazmi HR. (2019). Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembaban Ruangan Secara Real-Time Berbasis Web Server. *Journal of Technology and Informatics (JoTI)*, 1(1), 56–60.  
<https://doi.org/10.37802/joti.v1i1.12>
- Sudrajat, R., & Rofifah, F. (2023). Rancang Bangun Sistem Kendali Kipas Angin dengan Sensor Suhu dan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno. *Remik*, 7(1), 555–564. <https://doi.org/10.33395/remik.v7i1.12082>