

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kualitas lingkungan fisik di dalam ruang kelas merupakan salah satu faktor krusial yang mendukung kelancaran aktivitas akademis di lingkungan perguruan tinggi. Suhu udara yang kondusif memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap tingkat fokus mahasiswa, kenyamanan dosen, serta efektivitas proses kegiatan belajar mengajar. Oleh karena itu, penggunaan mesin pendingin ruangan atau *Air Conditioner* telah menjadi standar fasilitas wajib pada infrastruktur kampus modern. Namun, seiring dengan tingginya intensitas penggunaan perangkat pendingin ruangan tersebut, kesadaran sivitas akademika akan efisiensi konsumsi energi sering kali terabaikan. Hal ini memicu terjadinya pemborosan daya listrik skala besar yang sangat merugikan pihak institusi pendidikan, baik secara pembiayaan finansial maupun visi keberlanjutan lingkungan.

Fenomena *inefisiensi* energi ini sangat rentan terjadi akibat karakteristik mobilitas perkuliahan yang tinggi dan jadwal yang dinamis. Pergantian jam kuliah, pembatalan kelas secara mendadak, atau jeda waktu antar sesi sering kali menciptakan kondisi di mana sebuah ruang kelas menjadi kosong secara tiba-tiba tanpa ada satupun pihak yang bertanggung jawab mematikan AC. Pengoperasian AC di kampus pada umumnya masih mengandalkan sistem kendali manual berbasis *remote* fisik dan sangat bergantung pada daya ingat manusia. Keterbatasan ini membuat staf pengelola fasilitas gedung kesulitan

melakukan patroli untuk memastikan status setiap AC secara *real-time* di seluruh area kampus. Imbasnya, AC sering dibiarkan menyala pada suhu terendah selama berjam-jam meskipun ruang kelas tersebut sudah tidak berpenghuni. Penelitian Prasetyo et al. (2024) menekankan bahwa pengoperasian AC secara manual sering kali mengakibatkan pemborosan energi, sehingga sistem otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) sangat diperlukan agar AC hanya beroperasi saat benar-benar dibutuhkan. Sejalan dengan hal tersebut, Muzzaki et al. (2025) menegaskan bahwa sistem kontrol AC otomatis mampu secara signifikan mengurangi kesalahan manusia (*human error*), seperti lupa mematikan perangkat, sehingga tata kelola energi menjadi jauh lebih optimal.

Selain isu pemborosan energi akibat kelalaian manusia, masalah teknis lain yang kerap muncul di lingkungan kampus adalah ketiadaan adaptasi sistem terhadap kondisi termal aktual di dalam ruangan. AC konvensional umumnya diatur secara paksa pada satu mode pendinginan terendah oleh mahasiswa atau dosen di awal perkuliahan, dan terus bekerja pada kapasitas penuh secara konstan hingga kelas berakhir. Tanpa adanya sistem kendali berbasis suhu yang adaptif, kompresor AC rentan mengalami keausan dini karena beban kerja yang berlebihan. Penggunaan AC yang tidak efisien ini tidak hanya memperpendek umur pakai mekanis inventaris kampus, tetapi juga menciptakan lonjakan biaya perawatan dan tagihan listrik operasional instansi yang seharusnya dapat dialokasikan untuk pengembangan fasilitas pendidikan lainnya.

Sebagai solusi untuk menjawab permasalahan di lingkungan akademis tersebut, perancangan sebuah instrumen teknologi terapan berupa Sistem

Kontrol AC Otomatis Multi-Ruang menjadi langkah inovatif yang sangat strategis. Sistem ini mengintegrasikan teknologi *Internet of Things* yang memungkinkan perangkat keras di setiap ruang kelas berinteraksi secara mandiri berdasarkan kondisi aktual ruangan. Untuk menjamin akurasi tinggi dalam mendeteksi keberadaan mahasiswa atau dosen, sistem ini tidak lagi menggunakan sensor gerak konvensional, melainkan mengimplementasikan radar gelombang mikro dari sensor HLK-LD2410C. Sensor tingkat lanjut ini mampu mendeteksi presensi penghuni secara presisi, sehingga sistem tidak akan mengalami kesalahan pembacaan meskipun mahasiswa sedang duduk diam memperhatikan materi atau mengerjakan ujian. Guna menghindari fluktuasi siklus mati nyala kompresor yang merugikan misalnya ketika dosen atau mahasiswa hanya keluar ruangan sejenak untuk ke toilet atau mengambil barang, sistem ini menerapkan algoritma penundaan waktu (*timer debounce*) selama 15 menit. Jika ruang kelas terdeteksi kosong, sistem akan menunggu selama 15 menit sebelum mematikan AC dan apabila ada penghuni yang kembali masuk sebelum durasi tersebut habis, instruksi pemutusan daya akan otomatis dibatalkan dan AC tetap beroperasi tanpa jeda.

Lebih lanjut, efisiensi pendinginan selama proses perkuliahan berlangsung juga dioptimalkan melalui penerapan algoritma *Hysteresis* berbasis data suhu *real-time* dari sensor DHT22. Algoritma ini dirancang pada sisi *backend* untuk mengatur perpindahan mode operasional AC secara cerdas. Sistem akan menginstruksikan modul *IR Transmitter* KY-005 untuk memindahkan AC ke Mode *Turbo* ketika suhu ruangan melampaui batas atas

kenyamanan dan menurunkannya secara otomatis ke Mode *Normal* ketika suhu ruangan telah mencapai batas bawah ideal. Seluruh komputasi data ini dikelola oleh arsitektur *backend* yang andal menggunakan Express.js dan basis data MySQL, serta mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali otonom di setiap ruangan kelas.

Untuk mewujudkan ekosistem *Smart Campus* yang terpadu, keseluruhan infrastruktur IoT ini dihubungkan menggunakan protokol komunikasi berkecepatan tinggi, yaitu MQTT Broker dan *WebSocket*. Data kondisi setiap ruang kelas yang diakuisisi akan divisualisasikan secara langsung ke dalam sebuah antarmuka aplikasi *mobile native* yang dikembangkan menggunakan *framework* Flutter. Aplikasi ini dirancang secara khusus untuk memfasilitasi unit tata usaha atau pengelola fasilitas kampus dalam memantau suhu ruang kelas secara aktual, mengubah mode operasional (*Auto/Manual*) jika diperlukan, serta mengevaluasi riwayat aktuasi (*log history*) inventaris AC dari berbagai gedung dalam satu layar genggam. Berdasarkan uraian permasalahan dan solusi komprehensif tersebut, dapat disimpulkan bahwa pembangunan instrumen kendali pendingin ruangan yang cerdas dan terdistribusi merupakan kebutuhan mendesak untuk mewujudkan digitalisasi dan efisiensi manajemen fasilitas perguruan tinggi. Sistem ini tidak hanya berpotensi menekan tagihan listrik kampus secara signifikan, tetapi juga mencegah kerusakan dini pada aset inventaris, serta mendukung visi infrastruktur pendidikan yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, penulis bermaksud mengimplementasikan gagasan tersebut ke dalam sebuah penelitian skripsi yang berjudul "Sistem Kontrol AC

Multi-Ruang Berbasis *Internet of Things* Dengan Algoritma *Hysteresis* Terintegrasi Aplikasi *Mobile*".

B. Pembatasan Masalah

Agar penelitian pada skripsi ini lebih terarah, fokus, dan tidak menyimpang, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Perancangan dan pengujian sistem dibatasi pada ruang lingkup akademis kampus, khususnya untuk fasilitas ruang kelas.
2. Pusat kendali pada setiap alat ini menggunakan mikrokontroler ESP32. Sensor yang digunakan terbatas pada sensor radar gelombang mikro HLK-LD2410C untuk deteksi presensi atau kehadiran manusia dan sensor DHT22 untuk pembacaan suhu lingkungan.
3. Mekanisme kendali pada unit AC dilakukan menggunakan modul IR Transmitter KY-005 dengan metode pengiriman sinyal inframerah. Selain itu sistem juga menggunakan modul IR Receiver KY-022 untuk menangkap dan menyimpan sinyal dari *remote* asli AC sebagai proses *cloning* sinyal inframerah.
4. Sistem menerapkan penundaan waktu (*timer debounce*) selama 15 menit ketika ruangan kosong sebelum mengeksekusi perintah mematikan AC, guna mencegah kerusakan kompresor akibat penghuni yang keluar-masuk.
5. Algoritma *Hysteresis* diimplementasikan pada sisi *backend* dengan fungsi untuk mengontrol perpindahan mode operasional AC (transisi antara Mode *Turbo* dan Mode *Normal*) berdasarkan suhu aktual.

6. Arsitektur *backend* dibangun menggunakan *framework* Express.js dengan sistem manajemen basis data MySQL. Alur komunikasi pengiriman data antara *hardware*, *backend*, dan aplikasi dibangun menggunakan kombinasi protokol MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) *Broker* dan *WebSocket* untuk menjamin pertukaran data yang *real-time*.
7. Pemantauan dan pengendalian sistem divisualisasikan melalui aplikasi *mobile native* yang dibangun menggunakan *framework* Flutter. Fungsionalitas aplikasi dibatasi pada monitoring status dan suhu ruangan, intervensi kendali mode (*Auto / Manual Override*), serta perekaman riwayat aktivitas (*log history*).

C. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dan pembatasan masalah pada penelitian, maka perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem kontrol AC multi-ruang berbasis *Internet of Things* dengan algoritma *Hysteresis* terintegrasi aplikasi *mobile*?
2. Bagaimana mengimplementasikan sistem kontrol AC multi-ruang berbasis *Internet of Things* dengan algoritma *Hysteresis* terintegrasi aplikasi *mobile*?
3. Bagaimana hasil pengujian sistem kontrol AC multi-ruang berbasis *Internet of Things* dengan algoritma *Hysteresis* terintegrasi aplikasi *mobile*?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Merancang sistem kontrol AC multi-ruang berbasis *Internet of Things* dengan algoritma *Hysteresis* terintegrasi aplikasi *mobile*.
2. Mengimplementasikan sistem kontrol AC multi-ruang berbasis *Internet of Things* dengan algoritma *Hysteresis* terintegrasi aplikasi *mobile*.
3. Mengetahui hasil pengujian sistem kontrol AC multi-ruang berbasis *Internet of Things* dengan algoritma *Hysteresis* terintegrasi aplikasi *mobile*.

E. Kegunaan Penelitian

1. Kegunaan Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan disiplin keilmuan Teknik Informatika, khususnya pada konsentrasi *Internet of Things* (IoT) dan sistem kendali cerdas, melalui implementasi arsitektur jaringan IoT terdistribusi yang mengombinasikan protokol MQTT dan *WebSocket* untuk komunikasi data *real-time*. Penelitian ini juga memberikan pembuktian konsep (*proof of concept*) mengenai pemodelan logika algoritma *Hysteresis* di sisi *backend* untuk otomasi perpindahan mode AC, serta pemanfaatan teknologi radar gelombang mikro untuk deteksi presensi manusia secara presisi. Secara keseluruhan, karya ilmiah ini dapat dijadikan sebagai rujukan literatur bagi penelitian selanjutnya yang berfokus pada pengembangan infrastruktur *Smart Campus*.

2. Kegunaan Praktis

a. Bagi Institusi

Menghasilkan teknologi tepat guna yang mempermudah staf pengelola dalam memantau, mengendalikan, dan melihat riwayat penggunaan AC secara terpusat melalui aplikasi *mobile*, sehingga terwujud efisiensi daya listrik dan perpanjangan umur teknis kompresor AC kampus.

b. Bagi Sivitas Akademika

Memberikan jaminan kenyamanan termal yang stabil dan otomatis di dalam ruang kelas selama proses perkuliahan berlangsung, sehingga pengguna ruangan tidak perlu lagi mengatur suhu secara manual menggunakan *remote* fisik.

c. Bagi Peneliti

Menjadi wadah pengaplikasian ilmu mikrokontroler, algoritma perangkat lunak, dan pengembangan aplikasi *mobile* yang telah dipelajari selama masa perkuliahan ke dalam sebuah produk nyata yang solutif terhadap permasalahan inefisiensi energi.