

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di negara beriklim tropis seperti Indonesia, penggunaan air *conditioner* (AC) telah menjadi kebutuhan pokok untuk menciptakan kenyamanan termal di berbagai sektor, mulai dari rumah tangga, perkantoran, hingga industri. Tingginya suhu udara yang sering mencapai 30-35 °C dengan kelembaban relatif di atas 70 % membuat AC bekerja ekstra keras, terutama di daerah perkotaan yang padat. Data terbaru dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2023 menunjukkan bahwa konsumsi listrik untuk pendinginan ruangan menyumbang sekitar 38 % dari total penggunaan energi listrik di sektor komersial dan 25 % di sektor residensial. Angka ini cenderung meningkat setiap tahun seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan perubahan iklim yang membuat suhu rata-rata semakin panas.

Sistem AC konvensional yang masih banyak digunakan saat ini umumnya mengandalkan kontrol termostat sederhana dengan prinsip kerja *ON/OFF* berdasarkan setpoint suhu tunggal. Pendekatan ini ternyata menimbulkan berbagai masalah operasional yang signifikan. Pertama, sistem tidak mampu beradaptasi dengan perubahan kondisi lingkungan secara dinamis. Padahal, faktor seperti kelembaban udara, jumlah penghuni ruangan, dan kualitas udara (kadar CO₂ dan partikel debu) sangat mempengaruhi kenyamanan termal dan efisiensi energi. Sebuah penelitian yang dilakukan oleh ASHRAE pada tahun 2022 membuktikan bahwa integrasi parameter kelembaban dalam sistem kontrol AC dapat meningkatkan efisiensi energi hingga 30 % sekaligus meningkatkan kenyamanan pengguna.

Kedua, mekanisme kerja *on/off* yang kaku menyebabkan kompresor AC sering mengalami siklus *on/off* yang pendek (*short cycling*). Fenomena ini tidak hanya meningkatkan konsumsi energi secara signifikan, tetapi juga mempercepat keausan komponen utama AC. Data dari Asosiasi Refrigerasi dan *Air Conditioning*

Indonesia (ARACI) menunjukkan bahwa sekitar 40 % kasus kerusakan AC dini disebabkan oleh beban siklus yang berlebihan ini. Selain itu, kurangnya sistem pemantauan yang komprehensif membuat banyak masalah operasional AC terlambat terdeteksi, seperti kebocoran refrigeran, filter yang tersumbat, atau penurunan efisiensi *evaporator* yang dapat meningkatkan konsumsi energi hingga 25 % .

Dalam konteks inilah penerapan metode *fuzzy logic* berbasis IoT menjadi solusi yang sangat menjanjikan. *fuzzy logic* dipilih karena kemampuannya yang unik dalam menangani sistem yang kompleks dan tidak linier seperti sistem termal AC. Berbeda dengan sistem kontrol konvensional yang bekerja dengan logika biner (ya/tidak), *fuzzy logic* mampu memproses *input* yang bersifat ambigu dan tidak pasti menggunakan derajat keanggotaan. Sistem ini dapat mengintegrasikan berbagai parameter lingkungan seperti suhu, kelembaban, kualitas udara, dan bahkan preferensi pengguna untuk menghasilkan keputusan kontrol yang lebih halus dan optimal.

Integrasi dengan teknologi IoT menambahkan dimensi baru dalam pengelolaan sistem AC. Dengan IoT, sistem tidak hanya mampu melakukan kontrol secara cerdas, tetapi juga memungkinkan pemantauan kondisi AC secara *real-time* dari jarak jauh melalui antar muka berbasis *web* atau *mobile*. Fitur-fitur canggih seperti *predictive maintenance* dapat diimplementasikan dengan menganalisis tren data historis untuk memprediksi potensi kerusakan sebelum terjadi. *Adaptive learning* memungkinkan sistem terus menyempurnakan aturan *fuzzy* IoT nya berdasarkan pola penggunaan aktual.

Sebuah studi kasus yang dilakukan oleh PT PLN Persero bekerja sama dengan Institut Teknologi Bandung pada tahun 2023 menunjukkan bahwa implementasi sistem *fuzzy*-IoT untuk AC di sebuah gedung perkantoran di Jakarta mampu mengurangi konsumsi energi hingga 22 % sekaligus meningkatkan masa pakai peralatan pendingin. Hasil ini sangat relevan dengan upaya pemerintah dalam menurunkan intensitas energi nasional sesuai dengan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) 2021-2030.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pendeteksi kondisi

AC yang lebih cerdas dengan mengombinasikan metode *fuzzy logic* dan teknologi IoT. Sistem ini dirancang untuk mengintegrasikan berbagai sensor seperti DHT22 untuk pengukuran suhu dan kelembaban, MQ-135 untuk memantau kualitas udara, serta PZEM-004T untuk *monitoring* konsumsi daya. Data dari berbagai sensor ini akan diproses oleh mikrokontroler ESP32 yang menjalankan algoritma *fuzzy logic* untuk menentukan tindakan kontrol yang optimal. Hasilnya akan divisualisasikan melalui *dashboard* berbasis *cloud* yang dapat diakses dari mana saja, memberikan informasi *real-time* tentang kondisi AC dan efisiensi energinya.

Dengan pendekatan ini, dapat dihasilkan solusi yang tidak hanya meningkatkan kenyamanan termal pengguna, tetapi juga berkontribusi pada penghematan energi nasional dan memperpanjang usia pakai peralatan pendingin. Sistem ini juga dirancang untuk dapat diimplementasikan secara luas dengan biaya yang terjangkau, sehingga dapat memberikan manfaat nyata bagi berbagai kalangan di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pengkajian dan perancangan sistem, perumusan masalahnya

antara lain:

1. Bagaimana merancang sistem berbasis *internet of things* (IoT) yang mampu memantau kondisi AC secara *real-time*?
2. Bagaimana menerapkan metode *fuzzy logic* untuk menganalisis data sensor dan menentukan status atau kondisi AC (normal, perlu perawatan, *service*)?
3. Bagaimana metode logika *fuzzy* dalam menganalisis data sensor untuk menentukan status kondisi AC?

1.3 Batasan Masalah

Agar kajian tugas akhir ini tidak terlalu meluas dan menyimpang, maka dalam pembuatan tugas akhir ini penulis membatasi permasalahan sebagai berikut:

1. Metode *inferensi fuzzy* digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi AC menjadi tiga kategori: baik, perlu perawatan, dan rusak.
2. Sistem dirancang khusus untuk mendeteksi kondisi AC tipe *split wallmounted* berkapasitas standar yang umum digunakan di rumah dan kantor.
3. Data sensor dikirim dan dipantau melalui *platform* berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 dan disajikan melalui *dashboard web* sederhana.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari pembuatan tugas akhir ini antara lain:

1. Merancang dan membangun sistem pemantauan kondisi AC secara *realtime* berbasis *internet of things* (IoT). Mengintegrasikan sensor suhu dan arus listrik ke dalam sistem untuk memperoleh data kondisi AC yang akurat dan dapat diakses secara digital.
2. Menerapkan metode logika *fuzzy* untuk mengolah dan menganalisis data dari sensor guna menentukan status kondisi AC, seperti dalam keadaan baik, perlu perawatan, atau mengalami kerusakan.

1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat penerapan logika *fuzzy* pada sistem pendeteksi kondisi AC menggunakan metode *fuzzy* berbasis IoT memiliki beberapa manfaat penting, di antaranya:

1. Metode *fuzzy logic* memungkinkan sistem untuk menganalisis secara akurat kondisi AC berdasarkan data *real-time* seperti suhu ruangan, kelembaban, dan konsumsi daya. Dengan demikian, sistem dapat membedakan antara operasi normal, inefisiensi, dan kerusakan

potensial, sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan lebih cepat dan tepat.

2. Penghematan energi, sistem logika *fuzzy* mampu mengatur pengoperasian AC secara otomatis berdasarkan kondisi suhu dan kelembaban ruangan. Dengan begitu, AC hanya menyala saat dibutuhkan dan akan mati ketika kondisi sudah optimal. Hal ini sangat penting, terutama di lingkungan dengan biaya energi tinggi atau dalam upaya mengurangi emisi karbon.

3. Dengan pemantauan dan perawatan yang tepat waktu, AC akan beroperasi dalam kondisi ideal lebih lama, sehingga memperpanjang usia pakai perangkat.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan dan pemahaman maka dibuatlah sistematika penulisan seperti sebagai berikut:

1. Bab I pendahuluan, yang berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.
2. Bab II landasan teori, yang berisi tentang penelitian terdahulu, landasan teori, dan komponen-komponen yang digunakan.
3. Bab III metodologi penelitian, yang berisi tentang tinjauan umum, blok diagram sistem, *flowchart*, rancangan *hardware*, rancangan *software*, rancangan *prototype*, dan *standard operating procedur* (SOP).
4. Bab IV hasil perancangan dan pengujian, yang berisi tentang pembahasan hasil perancangan alat, hasil pengujian alat, dan analisa.
5. Bab V penutup, yang berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari hasil perancangan dan pengujian alat pemantau waktu *service* AC, juga dengan saran untuk penelitian selanjutnya.