

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu jenis mesin pendingin yang berfungsi sebagai penyejuk ruangan adalah AC (*Air Conditioner*). Ditinjau dari konstruksinya, perangkat ini terdiri atas dua bagian, yaitu sisi luar dan sisi dalam. Sisi luar meliputi pipa kapiler dan kondensor, tangki penampung air, daun kipas yang dapat bergerak, serta filter udara sebagai penyaring kotoran. Adapun bagian dalam mencakup daun kipas pendorong (blower) udara segar, pipa penguapan (evaporator), dan katup ekspansi (Usman dkk., 2025). Pada kondisi normal, AC bekerja dalam siklus tertutup dengan empat komponen utama, yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator, sehingga refrigeran tidak akan berkurang bila tidak terjadi kebocoran. Kinerja pendinginan tetap stabil sepanjang umur peralatan dengan tekanan dan temperatur kerja sesuai spesifikasi pabrikan (Wijethunga dkk., 2024).

Sistem pendingin udara dapat mengalami kondisi tidak normal apabila terdapat gangguan pada komponen mekanis maupun elektrisnya. Kerusakan pada kompresor, kondensor, kipas, dan katup ekspansi sering menjadi faktor utama menurunnya kinerja pendinginan. Sementara masalah kelistrikan seperti sensor atau kontrol yang gagal membaca kondisi ruangan juga dapat mengganggu operasi normal (Elmouatamid dkk., 2023). Kesalahan instalasi, seperti sambungan pipa yang tidak rapat atau kualitas brazing yang buruk, ditambah praktik pemeliharaan yang tidak sesuai standar, semakin meningkatkan risiko kegagalan sistem. Selain itu, kesalahan pengisian refrigeran, baik kelebihan maupun kekurangan muatan dapat menyebabkan penurunan kapasitas pendinginan dan lonjakan konsumsi energi (A. B. Pereira dkk., 2024).

Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa salah satu faktor paling dominan yang menempatkan AC pada kondisi tidak normal adalah kebocoran freon, terutama yang berasal dari *flare joints* dan *brazing joints*, yang terbukti menjadi titik kebocoran paling sering ditemukan dalam sistem AC dan pendingin di lapangan (Muradi dkk., 2024). Penelitian lain menemukan bahwa kebocoran R-

32 pada AC split dapat menghabiskan muatan refrigeran dalam waktu 3 hingga 15 menit tergantung laju kebocoran (Muliawan & Pasek, 2022). Pada sistem skala besar, kebocoran rata-rata mencapai 11% per tahun dan bahkan hingga 30% pada kasus ekstrem. Hal ini menegaskan bahwa kondisi normal ditandai dengan refrigeran yang bertahan selama masa pakai, sedangkan kondisi tidak normal dapat diidentifikasi dari berkurangnya refrigeran secara cepat maupun bertahap (Wijethunga dkk., 2024).

Selain memengaruhi aspek teknis sistem pendingin, kebocoran refrigeran R32 juga berpotensi menimbulkan risiko keselamatan bagi pengguna. Refrigeran R32 merupakan refrigeran yang banyak digunakan pada sistem pendingin udara modern karena memiliki nilai *Global Warming Potential* (GWP) yang lebih rendah dibandingkan beberapa refrigeran generasi sebelumnya, namun termasuk dalam klasifikasi A2L yang memiliki tingkat mudah terbakar rendah (*mildly flammable*) (Jung dkk., 2023). Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa refrigeran R32 yang bocor dapat terakumulasi di dalam ruangan, terutama pada kondisi ventilasi yang kurang memadai. Akumulasi refrigeran dalam konsentrasi tinggi berpotensi menurunkan kadar oksigen di udara sehingga dapat meningkatkan risiko gangguan pernapasan dan membahayakan keselamatan penghuni ruangan (Muliawan & Pasek, 2022).

Pada beberapa penelitian sebelumnya, telah dikembangkan sistem deteksi kebocoran pada pendingin udara dengan memanfaatkan teknologi berbasis mikrokontroler dan IoT (*Internet of Things*). Penelitian sebelumnya merancang sistem pendeteksi kebocoran refrigeran menggunakan Arduino Uno dan sensor MQ-135 (Sobri dkk., 2020). Penelitian lain mengembangkan sistem monitoring kebocoran berbasis NodeMCU ESP8266, diintegrasikan dengan aplikasi Blynk pada *smartphone* Android (Amrulloh & Sulistiyowati, 2022). Selain itu, telah dikembangkan sistem simulasi deteksi kebocoran refrigeran menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor MQ-6 (T. E. Putra dkk., 2023).

Kebocoran freon merupakan salah satu penyebab utama penurunan kinerja sistem pendingin udara yang dapat berdampak pada peningkatan konsumsi energi dan kerusakan komponen apabila tidak segera ditangani. Oleh karena itu,

diperlukan suatu sistem yang mampu mendeteksi kebocoran sejak dini serta menyediakan informasi kondisi sistem secara real-time. Pengembangan sistem deteksi dini kebocoran freon AC berbasis ESP32 dan Internet of Things (IoT) menjadi penting untuk mendukung upaya pemeliharaan preventif dan meningkatkan keandalan operasi sistem pendingin udara.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu merancang dan membangun sistem deteksi dini kebocoran freon AC berbasis mikrokontroler ESP32 terintegrasi *Internet of Things* menggunakan sensor MQ-135, alarm lokal (LED dan buzzer), tampilan LCD, serta monitoring dan kontrol jarak jauh melalui platform Ubidots.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Memberikan solusi deteksi dini kebocoran freon yang lebih efektif dibanding metode konvensional, sehingga kerusakan pada AC dapat diantisipasi sejak awal.
2. Mendukung pemeliharaan preventif pada sistem pendingin dengan adanya data monitoring dan riwayat kebocoran yang dapat dianalisis secara kuantitatif.