

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebakaran merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di berbagai wilayah di Indonesia, baik di lingkungan perumahan, industri, maupun kawasan hutan dan lahan. Dampak dari kebakaran tidak hanya menyebabkan kerugian materi yang sangat besar, tetapi juga berpotensi mengancam keselamatan jiwa manusia. Kebakaran yang terjadi di sektor industri dapat menyebabkan gangguan operasional yang berdampak pada perekonomian serta pencemaran lingkungan akibat pelepasan zat berbahaya ke atmosfer. Dari permasalahan tersebut, diperlukan sistem deteksi dan peringatan dini yang dapat mengklasifikasikan tingkat kedaruratan kebakaran agar tindakan mitigasi dapat dilakukan dengan lebih cepat dan tepat.

Berdasarkan data dari DIBI BNPB, jumlah kejadian kebakaran di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan fluktuasi yang signifikan. Data yang tercatat dari tahun 2020 hingga 2025 menunjukkan bahwa terdapat 3.658 kasus kebakaran hutan dan lahan [1]. Di sektor industri, kebakaran dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti hubungan arus pendek listrik, kebocoran gas, kelalaian manusia, atau kegagalan sistem pendinginan mesin. Industri manufaktur, petrokimia, dan pergudangan merupakan beberapa sektor yang memiliki risiko kebakaran tinggi. Sebagai upaya mitigasi, sistem *Fire Alarm Control Panel* (FACP) menjadi salah satu solusi yang banyak digunakan untuk mendeteksi, mengklasifikasikan, dan memberikan peringatan dini terhadap ancaman kebakaran.

Berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas *fuzzy logic* dalam meningkatkan akurasi deteksi kebakaran dan mengurangi false *Alarm*. Salah satu penelitian mengembangkan sistem *Alarm* kebakaran berbasis IoT dan ANFIS, yang mampu mengklasifikasikan tingkat bahaya berdasarkan *input* dari sensor suhu, asap, dan api. Sistem ini juga memungkinkan

notifikasi melalui aplikasi berbasis Android dan SMS, yang berguna dalam mempercepat respons darurat [2]. Penelitian lain merancang sistem *Alarm* kebakaran otomatis yang terhubung dengan internet menggunakan metode *fuzzy logic* dan modul *NodeMCU*, sehingga memungkinkan pemantauan melalui *smartphone* dan notifikasi berbasis Telegram. Pengujian menunjukkan bahwa sistem ini dapat bekerja dengan baik dalam mendeteksi kebakaran secara otomatis dengan nilai *membership function* yang ditentukan [3]. Studi lain mengembangkan sistem deteksi kebakaran multi-sensor untuk *smart city* dengan menggabungkan sensor suhu, gas, dan asap, serta menerapkan *fuzzy logic* untuk pengambilan keputusan secara *real-time*. Sistem ini dilengkapi dengan fitur peringatan dini berbasis SMS dan *Alarm* lokal, dan mampu memberikan deteksi kebakaran yang andal di lingkungan perkotaan [4]. Penelitian lainnya mengusulkan penggunaan *fuzzy logic* dalam rangkaian sistem *Alarm* kebakaran berbasis Arduino dengan *input* sensor suhu dan asap. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem ini dapat memberikan respon yang cepat saat mendeteksi potensi kebakaran, meskipun masih terbatas pada lingkungan tertutup dengan skenario sederhana [5]. Dari berbagai penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa *fuzzy logic* telah terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi sistem deteksi kebakaran, terutama dalam mengurangi false *Alarm* yang sering terjadi pada sistem berbasis satu sensor. Selain itu, penggunaan metode *fuzzy* memungkinkan sistem untuk melakukan klasifikasi tingkat bahaya secara lebih fleksibel berdasarkan kondisi nyata di lapangan.

Penelitian ini mengembangkan *Multi Fire Alarm Control Panel* berbasis *fuzzy logic* untuk mengklasifikasikan tingkat kedaruratan kebakaran berdasarkan data dari *smoke detector* yang telah diproses melalui *signal processing*. Sistem ini terdiri dari STM32F4 dan ESP32 yang bekerja secara terintegrasi. STM32F4 berfungsi sebagai unit utama untuk memproses data sensor, menentukan segmen aktif, serta mengendalikan relay *annunciator*, *buzzer*, dan LCD panel *fire Alarm*. ESP32 menangani klasifikasi *fuzzy logic* Sugeno, berdasarkan jumlah *smoke detector* dan

segmen yang aktif, lalu mengirim hasilnya ke STM32F4 untuk pengendalian *output*. ESP32 juga mengontrol RFID *doorlock* dan mengirimkan data ke MQTT *server* untuk *monitoring* jarak jauh melalui PC *server*. Sistem ini membagi tingkat kedaruratan menjadi Normal, Waspada, Bahaya, dan Darurat, dengan *fuzzy logic* Sugeno yang mampu menangani data tidak pasti.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat beberapa permasalahan yang menjadi fokus dalam penelitian ini:

- a. Bagaimana merancang sistem FACP yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan tingkat kedaruratan kebakaran berdasarkan data dari sensor *smoke detector* menggunakan logika *fuzzy*?
- b. Bagaimana cara mengintegrasikan STM32 dan ESP32 untuk memproses data sensor serta mengontrol relay *annunciator* dan sistem notifikasi?
- c. Bagaimana cara memastikan sistem ini dapat menampilkan status kebakaran secara lokal pada LCD panel *fire Alarm* dan mengirimkan notifikasi ke PC *server* untuk pemantauan jarak jauh?
- d. Bagaimana hasil pengujian menunjukkan kinerja sistem dalam mengklasifikasikan tingkat kedaruratan kebakaran (Normal, Waspada, Bahaya, dan Darurat) menggunakan metode *fuzzy logic*?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Merancang FACP yang dapat mendeteksi dan mengklasifikasikan tingkat kedaruratan kebakaran berdasarkan data dari sensor *smoke detector* menggunakan *fuzzy logic*.
- b. Mengintegrasikan STM32 dan ESP32 untuk memproses data sensor, melakukan klasifikasi *fuzzy*, serta mengontrol relay *annunciator* dan sistem notifikasi.

- c. Mengembangkan sistem yang dapat menampilkan status kebakaran secara lokal pada LCD panel *fire Alarm* dan mengirimkan notifikasi ke *PC server* untuk pemantauan jarak jauh.
- d. Menentukan aturan *fuzzy* yang optimal agar sistem dapat melakukan klasifikasi tingkat kedaruratan kebakaran (Normal, Waspada, Bahaya, dan Darurat) secara akurat dan sesuai dengan kondisi nyata.

1.4. Manfaat

Penyusunan tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak, baik bagi penulis, masyarakat, maupun pembaca, sebagai berikut:

a. Bagi Penulis

Penelitian ini dapat memperdalam pemahaman mengenai perancangan sistem deteksi kebakaran berbasis *fuzzy logic* serta implementasinya menggunakan STM32 dan ESP32. Selain itu, penelitian ini memberikan pengalaman dalam mengintegrasikan sensor, sistem kontrol, dan sistem komunikasi dalam satu kesatuan perangkat yang berfungsi secara otomatis. Melalui penelitian ini, penulis juga memperoleh wawasan yang lebih luas mengenai penerapan *fuzzy logic* dalam klasifikasi tingkat kedaruratan kebakaran, yang nantinya dapat menjadi dasar pengembangan lebih lanjut dalam bidang sistem *Alarm* kebakaran cerdas.

b. Bagi Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi dalam bentuk sistem *Alarm* kebakaran yang lebih informatif dibandingkan sistem konvensional yang hanya mengeluarkan *Alarm* tanpa klasifikasi tingkat bahaya. Dengan adanya sistem ini, masyarakat dapat lebih mudah dalam mengidentifikasi tingkat kedaruratan suatu kebakaran, sehingga dapat mengambil tindakan mitigasi yang lebih cepat dan tepat. Selain itu, penelitian ini juga dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya penggunaan sistem pemantauan kebakaran yang lebih canggih dan

responsif untuk mengurangi risiko kebakaran, terutama di lingkungan industri yang memiliki potensi bahaya tinggi.

c. Bagi Pembaca

Penelitian ini dapat menjadi referensi dalam memahami penerapan *fuzzy logic* dalam sistem deteksi kebakaran, khususnya dalam klasifikasi tingkat kedaruratan kebakaran. Dengan adanya penelitian ini, pembaca yang tertarik dalam bidang teknologi sistem kontrol dan pemantauan kebakaran dapat memperoleh wawasan baru yang dapat digunakan untuk mengembangkan sistem serupa dengan pendekatan dan teknologi yang lebih lanjut. Selain itu, penelitian ini dapat memotivasi pembaca untuk mengembangkan sistem berbasis IoT, kecerdasan buatan, atau metode lainnya yang dapat meningkatkan efektivitas sistem *Alarm* kebakaran, sehingga sistem deteksi dan peringatan dini kebakaran di masa depan dapat semakin akurat dan efisien.

1.5. Pembatasan Masalah

Dalam penelitian tugas akhir ini, penulis menetapkan beberapa batasan masalah agar penelitian dapat lebih terarah dan fokus. Batasan-batasan tersebut ditentukan untuk memastikan ruang lingkup penelitian tetap jelas dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

- a. Sistem ini hanya menggunakan sensor *smoke detector* sebagai sumber utama dalam mendeteksi kebakaran.
- b. Metode klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini hanya berbasis logika *fuzzy*, tanpa menggabungkan metode kecerdasan buatan lainnya seperti *machine learning* atau *deep learning*.
- c. Notifikasi hanya dikirimkan ke LCD panel *fire Alarm* untuk tampilan lokal dan PC *server* sebagai pemantauan jarak jauh, tanpa menggunakan aplikasi mobile.
- d. Sistem kontrol hanya mengaktifkan *buzzer* dengan tiga mode operasi, yaitu berkedip perlahan (Waspada), berkedip cepat (Bahaya), dan menyala terus (Darurat).

- e. Penelitian ini tidak mencakup perancangan sistem pemrosesan sinyal pada STM32F4 untuk membaca dan mengolah data dari *smoke detector analog* dan *digital*.
- f. Penelitian ini tidak membahas pemrosesan sinyal dari *smoke detector*, melainkan langsung menggunakan data hasil pemrosesan dari STM32F4.
- g. *Smoke detector* analog yang digunakan adalah *Conventional Photoelectric smoke detector 2 Wire* dengan merk GRIT
- h. Integrasi *smoke detector* dalam sistem ini hanya terbatas pada pemrosesan data dari sensor *analog*, tanpa menggabungkan *smoke detector analog* dan *addressable* dalam STM32F4.
- i. Sistem ini tidak mengembangkan metode konversi dan pemrosesan data dari *addressable smoke detector* digital berbasis RS485 untuk digunakan dalam STM32F4.
- j. Pengujian sistem dilakukan dalam lingkungan laboratorium dengan kondisi yang dikontrol, tanpa implementasi langsung pada skala industri nyata.
- k. Mode konfigurasi deteksi yang digunakan pada penelitian ini hanya *single wire*.
- l. Sistem yang dirancang memiliki 2 sumber daya, yaitu sumber daya SMPS 24V dan *Battery* 24V. Namun, sumber daya yang digunakan pada penelitian ini adalah *battery* 24V.
- m. Mekanisme perpindahan daya dari SMPS dan baterai, serta pemantauan daya listrik tidak masuk dalam lingkup penelitian.

1.6. Sistematika Tugas Akhir

Dalam penulisan laporan tugas akhir disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, serta batasan masalah yang dibahas dalam topik tugas akhir yang diangkat.

BAB II DASAR TEORI

Berisi tentang teori yang mendukung kajian topik utama yang diangkat.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang metode yang digunakan pada penelitian.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Berisi tentang hasil pengujian dan analisa dari alat yang telah diujikan.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang Kesimpulan dan saran dari alat yang telah diterapkan.