

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebakaran merupakan insiden berbahaya yang dapat terjadi di berbagai sektor dan berpotensi menimbulkan kerugian material, gangguan operasional, serta ancaman keselamatan jiwa. Diaconu (2023) menegaskan bahwa sistem deteksi kebakaran konvensional berbasis sensor tunggal dan ambang statis memiliki keterbatasan dalam lingkungan kerja yang kompleks. Sejalan dengan itu, Harjono *et al.* (2025) menunjukkan bahwa kesiapsiagaan sumber daya manusia melalui pelatihan dan simulasi kebakaran berperan penting dalam meningkatkan respon awal, menegaskan perlunya pendekatan keselamatan kebakaran yang komprehensif dan terintegrasi.

Sejalan dengan kebutuhan tersebut, pengembangan sistem deteksi dini kebakaran berbasis *Internet of Things* dan *machine learning* semakin banyak dilakukan. Ayrancı dan Erkmen (2024) menunjukan bahwa integrasi multi sensor dengan algoritma *machine learning* seperti *decision tree*, *random forest* dan *naive bayes* mampu meningkatkan performa deteksi kebakaran dibandingkan sistem IoT konvensional. Temuan ini diperkuat oleh Ridhani dan Mahmudy (2023), yang melaporkan bahwa model klasifikasi *machine learning* mampu membedakan kondisi kebakaran dari gangguan lingkungan, seperti variasi cahaya dan temperatur secara lebih adaptif. Implementasi berikutnya ditunjukan oleh Sawant *et al.* (2024) melalui sistem deteksi kebakaran terintegrasi berbasis multi sensor dan validasi visual *deeep learning*, yang terbukti meningkatkan akurasi deteksi *real-time* pada lingkungan berisiko tinggi.

Namun, penerapan solusi berbasis *machine leearning* masih didominasi oleh sistem dengan sumber daya komputasi yang relatif tinggi. Padahal ancaman kebakaran juga sangat kritis pada konteks operasional yang dinamis dan memiliki keterbatasan daya, seperti pada mesin dan kendaraan operasional di sektor pertanian, konstruksi, dan industri. Resiko kebakaran meningkat pada mesin berdaya tinggi dengan durasi kerja panjang, akibat faktor seperti *overheating*, kebocoran fluida, kerusakan komponen, dan akumulasi residu yang mudah terbakar (Tomašková *et al.*, 2020).

Sebagai upaya mitigasi, penelitian yang dilakukan oleh Harianto *et al.* (2018), menjelaskan tentang sistem pemadaman api otomatis berbasis temperatur melalui *detection tube* yang terputus ketika terjadi *overheat* sehingga mengaktifkan *fire suppression system* untuk memadamkan api. Namun, sistem ini masih memiliki batasan dalam mendeteksi kebakaran pada tahap awal karena bergantung pada peningkatan temperatur atau kondisi api yang telah membesar. Alternatif deteksi dini menggunakan IR flame sensor memungkinkan pendeteksian nyala api secara lebih cepat, tetapi pendekatan berbasis *rule-based threshold* masih rentan terhadap *false positive* akibat interferensi radiasi inframerah lingkungan (Kishor *et al.*, 2023).

Pendekatan *machine learning* terbukti mampu meningkatkan akurasi deteksi, rentan terhadap *false alarm* dan implementasinya masih didominasi oleh sumber daya komputasi yang relatif tinggi. Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan “Prototipe Fire Suppression System Berbasis Machine Learning Dengan Raspberry Pi Pico dan IR Flame Sensor Untuk Mendeteksi Api Nyata”. Sistem dirancang untuk mendeteksi radiasi inframerah berdasarkan karakteristik nyala api secara *real-time* melalui algoritma klasifikasi yang di jalankan pada platform mikrokontroler. Penelitian ini juga bertujuan untuk merancang dan mengintegrasikan sistem *fire suppression* yang berbasis *machine learning* guna meningkatkan standar keselamatan terhadap bahaya kebakaran, yang mencakup peningkatan akurasi deteksi, pengurangan *false positive*, serta percepatan respon pemadaman api.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang prototipe *fire suppression system* berbasis *machine learning* dengan Raspberry Pi Pico dan IR flame sensor untuk mendeteksi api?
2. Bagaimana kinerja dan efektivitas prototipe *fire suppression system* berbasis *machine learning* dengan Raspberry Pi Pico dan IR flame sensor untuk mendeteksi api?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Merancang prototipe *fire suppression system* berbasis *machine learning* dengan Raspberry Pi Pico dan IR Flame sensor.
2. Mengevaluasi kinerja dan efektivitas prototipe *fire suppression system* berbasis *machine learning* dalam mendeteksi api.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan manfaat praktis berupa sistem deteksi dini kebakaran yang responsif dan akurat pada lingkungan kerja yang memiliki risiko kebakaran.
2. Memberikan kontribusi teoritis terkait konsep dan pengembangan *fire suppression system* berbasis *machine learning* dengan Raspberry Pi Pico dan *IR Flame sensor* sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya.
3. Menjadi bahan pertimbangan dalam penerapan dan pengembangan teknologi sistem keselamatan berbasis *machine learning* guna mendukung upaya mitigasi kebakaran pada berbagai lingkungan kerja berisiko.

1.5 Batasan Masalah

1. Sistem yang dikembangkan difokuskan pada deteksi dini api, bukan pada *fire suppression system* secara menyeluruh, termasuk media pemadam dan tangki supresi.
2. Sensor yang digunakan dibatasi pada *IR Flame sensor*, tanpa membandingkan kinerja dengan jenis sensor api lainnya seperti *UV Flame sensor* dan *temperature sensor*.
3. Platform mikrokontroler yang digunakan adalah Raspberry Pi Pico, sehingga pembahasan tidak mencakup penggunaan mikrokontroler lain.
4. Pendekatan *machine learning* dibatasi pada konsep *reinforcement learning* pada proses klasifikasi api dan non-api, tanpa membahas optimalisasi model lanjutan atau algoritma kompleks berskala besar.
5. Penelitian dibatasi pada pembahasan sistem catu daya secara umum, dan tidak mencakup perhitungan detail kebutuhan daya untuk mikrokontroler maupun komponen lain pada *fire suppression system*.
6. Penelitian ini dibatasi pada data eksperimental, hasil pengujian sistem, serta analisis kinerja deteksi dan aktivasi sistem, tanpa melakukan evaluasi kebijakan keselamatan kerja atau regulasi industri.

7. Pengujian sistem dilakukan pada skala prototipe, sehingga hasil penelitian digunakan sebagai pembuktian konsep (*proof of concept*) dengan skenario pengujian terbatas pada kondisi yang disimulasikan dan tidak mencakup uji lapangan jangka panjang.
8. Evaluasi sistem difokuskan pada kemampuan deteksi dini dan efektivitas sistem, tanpa membahas aspek ekonomi, analisis biaya atas integrasi dengan sistem keselamatan yang lain.
9. Aspek *Health, Safety, and Environment (HSE)*, termasuk kebijakan keselamatan kerja, sistem manajemen K3, analisis bahaya dan resiko, serta peraturan dan standar keselamatan yang berlaku tidak menjadi ruang lingkup penelitian ini.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan sebagai gambaran umum arah dan ruang lingkup penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang landasan teori dan kajian pustak yang relevan dengan penelitian, meliputi konsep *fire suppression system*, mikrokontroler Raspberry Pi Pico, *IR Flame sensor*, serta konsep machine learning sebagai pengambil keputusan cerdas (*intelligent decision-making*) dalam proses deteksi api.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan dan metode penelitian yang digunakan, meliputi perancangan sistem berdasarkan landasan teori, proses pembuatan dan integrasi prototipe, metode pengumpulan dan pengolahan data, penerapan machine learning, serta skenario pengujian sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil implementasi dan pengujian prototipe *fire suppression system* berbasis *machine learning* dengan Raspberry Pi Pico dan *IR Flame sensor*. Pembahasan difokuskan pada analisis kinerja sistem dalam mendeteksi api nyata dan hasil pengujian yang diperoleh.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, saran pengembangan lebih lanjut, dan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

