

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebakaran rumah tangga masih menjadi salah satu permasalahan keselamatan yang sering terjadi dan menimbulkan kerugian material maupun risiko terhadap keselamatan jiwa. Salah satu area dengan tingkat potensi kebakaran paling tinggi di lingkungan rumah adalah dapur, karena aktivitas memasak melibatkan penggunaan api, gas, serta peralatan listrik yang beroperasi pada suhu tinggi. Berdasarkan data Pusiknas Bareskrim Polri tahun 2025, sebanyak 75,29% dari total 935 kejadian kebakaran di Indonesia terjadi di kawasan perumahan, dengan mayoritas titik api berasal dari area dapur dan ruang keluarga (Pusiknas Bareskrim Polri, 2025). Salah satu bentuk penanganan kebakaran berupa melakukan pemanggilan layanan publik yaitu pemadam kebakaran. Namun, menurut Ardiansah et al. (2024) bahwa rendahnya kualitas pelayanan publik seringkali dipengaruhi oleh lemahnya sistem manajemen dan keterbatasan fasilitas. Kondisi tersebut mengakibatkan responsivitas pelayanan pemadam kebakaran belum optimal, terutama dalam menghadapi kondisi darurat yang membutuhkan kecepatan dan ketepatan. Berdasarkan penelitian tersebut ketidaktahuan masyarakat dengan nomor layanan publik menjadi salah satu faktor keterlambatan pemadam kebakaran dalam melakukan pemadaman kebakaran.

Selain itu, Faktor terjadinya kebakaran menurut penelitian (Sanhaji dkk., 2023a) juga mengidentifikasi bahwa kebocoran gas, peningkatan suhu abnormal, dan kelembapan rendah di area dapur menjadi faktor utama pemicu kebakaran rumah tangga. Kondisi ini menyebabkan dapur menjadi titik awal kebakaran yang sering tidak disadari sejak dini, terutama ketika penghuni rumah sedang tidak berada di lokasi. Sebagian besar sistem pengamanan kebakaran yang tersedia saat ini masih bergantung pada deteksi tunggal atau respon manual, seperti penggunaan alarm asap sederhana atau Alat Pemadam Api Ringan (APAR). Pendekatan tersebut memiliki keterbatasan karena alarm berbasis sensor tunggal rentan terhadap kesalahan deteksi. Penelitian (Umar dkk., 2023) menunjukkan bahwa sistem deteksi konvensional berbasis *threshold* tunggal menghasilkan tingkat *false alarm* yang tinggi, terutama di lingkungan dapur yang memiliki fluktuasi asap dan suhu

akibat aktivitas memasak normal. (Kusumo dkk., 2024) juga menegaskan bahwa sistem *threshold-based* tradisional tidak mampu membedakan kondisi memasak dengan kondisi berbahaya, yang mengakibatkan alarm palsu berulang atau justru terlambat mendeteksi ancaman nyata. Sejumlah sistem berbasis IoT yang telah dikembangkan, seperti sistem deteksi kebakaran menggunakan ESP32 dengan sensor *flame* inframerah tunggal dan notifikasi melalui *email* (Gultom & Putro, 2025), juga masih mengandalkan satu jenis sensor tanpa proses klasifikasi data, sehingga rentan terhadap kesalahan deteksi pada kondisi lingkungan yang kompleks seperti dapur. Sementara itu, APAR memerlukan kehadiran dan tindakan manusia secara langsung. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem yang mampu mendeteksi potensi kebakaran secara lebih akurat melalui integrasi *multi-sensor* serta memberikan respon awal secara otomatis sebelum api berkembang menjadi lebih besar. Namun, Dalam beberapa rumah tangga atau rumah makan menengah kebawah tidak memiliki sensor atau alat yang dapat melakukan pendeteksian gejala kebakaran sehingga potensi kebakaran di rumah tangga atau rumah makan menengah ke bawah sangat tinggi.

Pemanfaatan sistem deteksi berbasis *multi-sensor* menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan keandalan dalam mendeteksi kondisi kebakaran. Dengan mengombinasikan sensor suhu, sensor asap, dan sensor gas, sistem dapat memperoleh informasi lingkungan yang lebih komprehensif (Dimaunahan dkk., 2019a) Penelitian (Najib dkk., 2023) menunjukkan bahwa integrasi multi-parameter seperti suhu, asap, dan gas menggunakan ESP32 mampu meningkatkan akurasi deteksi dibandingkan sistem sensor tunggal. Penelitian (Vorwerk dkk., 2024) turut menegaskan bahwa integrasi sensor gas (CO, H₂, VOC) pada sistem *multi-sensor* mampu meningkatkan tingkat klasifikasi kebakaran dini hingga 87% melalui pendekatan *transfer learning*, jauh lebih unggul dibandingkan sistem berbasis sensor tunggal yang umumnya hanya berhenti pada tahap notifikasi tanpa klasifikasi kondisi. Namun, penggunaan *multi-sensor* memerlukan metode pengolahan data yang mampu menangani ketidakpastian dan variasi kondisi lingkungan, khususnya pada area dapur yang secara alami memiliki perubahan suhu dan asap akibat aktivitas memasak.

Machine learning merupakan pembelajaran mesin yang menyediakan mekanisme untuk sistem belajar dari data dan membedakan kondisi normal serta anomali. Beberapa algoritma yang umum diterapkan antara lain *Support Vector Machine (SVM)*, *K-Nearest Neighbor (KNN)*, dan *Decision Tree*. Berdasarkan penelitian Kumar et al. (2022), metode ini mampu meningkatkan ketepatan sistem dalam mendeteksi kondisi darurat secara signifikan. Pemilihan algoritma juga sangat bergantung pada kompleksitas data, jumlah fitur, serta kebutuhan *real-time* sistem. Selain deteksi dini, respon awal terhadap kebakaran juga menjadi aspek penting dalam mengurangi risiko penyebaran api. Penerapan sistem mitigasi awal berupa penyemprot air skala dapur dapat membantu menurunkan suhu lingkungan dan menekan perkembangan api pada tahap awal (Kusumo dkk., 2024). Dukungan teknologi *Internet of Things (IoT)* melalui notifikasi ke perangkat seluler memungkinkan informasi kondisi kebakaran diterima secara *real-time* oleh penghuni rumah, petugas keamanan sekitar, dan pemadam kebakaran. Penelitian (Khasanah dkk., 2024) menunjukkan bahwa integrasi ESP32 dengan notifikasi Blynk mampu memberikan peringatan dini yang cepat dan akurat kepada pengguna. Dalam penelitian (Muhammad, 2021) juga membuktikan efektivitas notifikasi Telegram dalam sistem monitoring kebakaran berbasis IoT, sehingga tindakan lanjutan dapat segera dilakukan meskipun penghuni tidak berada di lokasi.

Penelitian ini sejalan dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan *Sustainable Development Goals (SDGs)*, khususnya SDGs 11 yang berisi kota dan permukiman yang aman dan berkelanjutan serta SDGs 3 menjelaskan tentang kehidupan sehat dan sejahtera. Penerapan sistem deteksi dini kebakaran di area dapur rumah tangga berkontribusi dalam menciptakan lingkungan tempat tinggal yang lebih aman serta mengurangi risiko cedera maupun korban jiwa akibat kebakaran, terutama pada permukiman padat penduduk. Penelitian ini juga mendukung Asta Cita ke-4, yaitu penguatan sumber daya manusia melalui pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk meningkatkan kualitas hidup Masyarakat.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini merancang dan membangun sistem deteksi dini dan mitigasi awal kebakaran area dapur berbasis ESP32 menggunakan metode *machine learning*. Sistem ini diharapkan mampu

meningkatkan tingkat keselamatan di lingkungan rumah tangga melalui deteksi yang lebih akurat, respon awal otomatis, serta penyampaian informasi secara cepat dan tepat.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, penelitian ini memiliki beberapa identifikasi masalah yang akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Sistem deteksi kebakaran di area dapur rumah tangga saat ini masih didominasi oleh sensor tunggal dan metode *threshold*, sehingga rentan menghasilkan alarm palsu dan kurang akurat dalam membedakan kondisi normal dengan kondisi berbahaya.
2. Rendahnya pemanfaatan teknologi deteksi kebakaran berbasis *multi-sensor* dan *machine learning* menyebabkan potensi kebakaran di rumah tangga, khususnya pada skala menengah ke bawah, sering tidak terdeteksi secara dini.
3. Keterbatasan sistem mitigasi awal dan notifikasi *real-time* berbasis IoT mengakibatkan penanganan kebakaran sering terlambat, sehingga meningkatkan risiko kerugian material dan keselamatan jiwa.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan-batasan tertentu agar pembahasan tetap terfokus pada tujuan pengujian sistem yang telah ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada perancangan dan implementasi sistem deteksi dini dan mitigasi awal kebakaran di area dapur rumah tangga menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor suhu, asap, serta gas.
2. Metode pengolahan data yang digunakan dalam sistem ini dibatasi pada penerapan algoritma *machine learning* untuk mengklasifikasikan kondisi normal dan potensi kebakaran berdasarkan data *multi-sensor*.
3. Sistem notifikasi kebakaran dibatasi pada pengiriman informasi melalui platform IoT berbasis aplikasi dan pesan instan tanpa membahas integrasi langsung dengan sistem pemadam kebakaran resmi.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah, dan batasan masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi dini kebakaran di area dapur rumah tangga berbasis ESP32 dengan memanfaatkan sensor suhu, asap, dan gas?
2. Bagaimana menerapkan algoritma *machine learning* pada data *multi-sensor* untuk mengklasifikasikan kondisi normal dan potensi kebakaran secara akurat dan *real-time*?
3. Bagaimana membangun sistem notifikasi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu menyampaikan informasi kondisi kebakaran secara cepat melalui aplikasi dan pesan instan kepada pengguna?

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem peringatan dini kebakaran. Adapun tujuan khusus penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan membangun sistem deteksi dini kebakaran di area dapur rumah tangga berbasis ESP32 dengan memanfaatkan sensor suhu, asap, dan gas.
2. Menerapkan algoritma *machine learning* untuk mengolah data *multi-sensor* dalam mengklasifikasikan kondisi normal dan potensi kebakaran secara akurat dan *real-time*.
3. Mengembangkan sistem notifikasi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu menyampaikan informasi kondisi kebakaran secara cepat kepada pengguna melalui aplikasi dan pesan instan.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dan manfaat bagi berbagai pihak yang dijelaskan sebagai berikut.

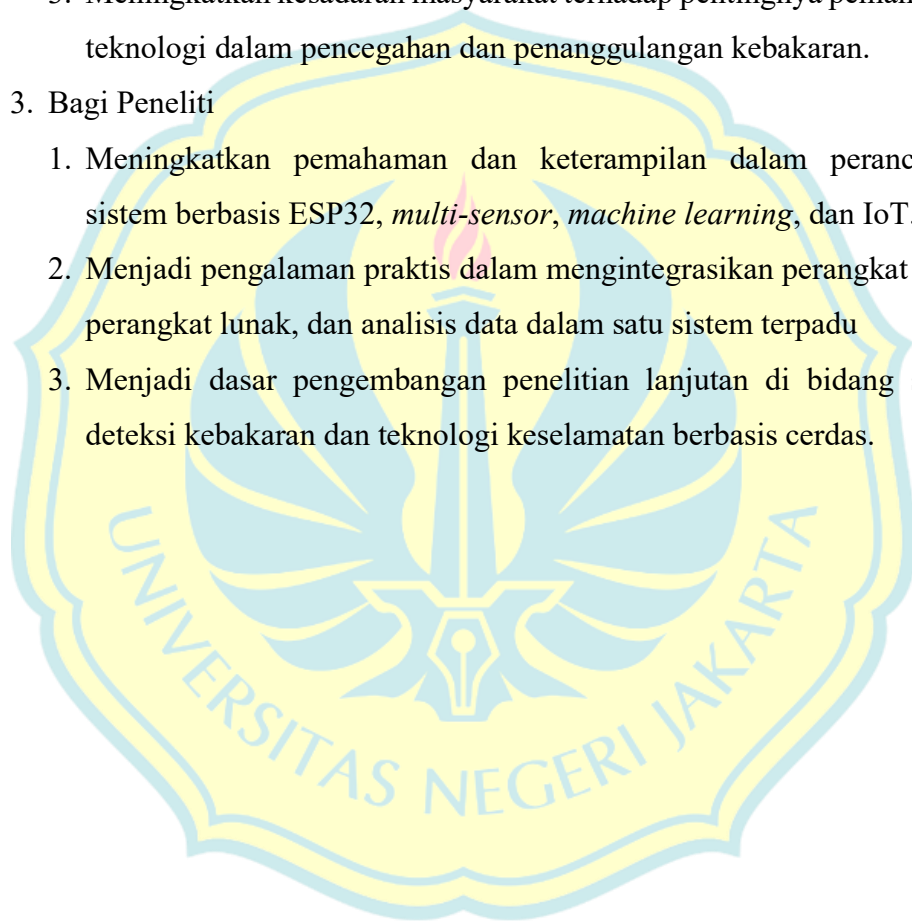
1. Bagi Institusi
 1. Menjadi referensi akademik dalam pengembangan penelitian dan pembelajaran di bidang sistem tertanam (*embedded system*), *Internet of Things* (IoT), dan kecerdasan buatan.
 2. Mendukung peningkatan kualitas penelitian terapan yang berorientasi pada solusi permasalahan keselamatan di lingkungan rumah tangga.
 3. Menjadi bahan evaluasi dan pengembangan kurikulum yang relevan dengan kebutuhan teknologi dan industri saat ini.

2. Bagi Masyarakat

1. Memberikan sarana deteksi dini kebakaran yang lebih akurat dan mudah digunakan untuk meningkatkan keselamatan di lingkungan rumah tangga.
2. Membantu mengurangi risiko kerugian material dan korban jiwa akibat keterlambatan dalam mendeteksi kebakaran.
3. Meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pemanfaatan teknologi dalam pencegahan dan penanggulangan kebakaran.

3. Bagi Peneliti

1. Meningkatkan pemahaman dan keterampilan dalam perancangan sistem berbasis ESP32, *multi-sensor*, *machine learning*, dan IoT.
2. Menjadi pengalaman praktis dalam mengintegrasikan perangkat keras, perangkat lunak, dan analisis data dalam satu sistem terpadu
3. Menjadi dasar pengembangan penelitian lanjutan di bidang sistem deteksi kebakaran dan teknologi keselamatan berbasis cerdas.



Intelligentia - Dignitas