

Pengembangan Sistem *Internet of Things* untuk Deteksi Kebakaran dan Peringatan Dini Berbasis Algoritma *Naïve Bayes*

1st Fadlan Amir Furqon
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Jakarta, Indonesia

fadlanaf@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Syifa Nurgaida Yutia
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Jakarta, Indonesia

syifagaida@telkomuniversity.ac.id

3rd Nurul Ilmi
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Jakarta, Indonesia

ilmynurull@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Kebakaran merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia, dengan rumah tinggal sebagai bangunan yang paling rentan terhadap risiko kebakaran. Penghuni rumah sering kali tidak menyadari terjadinya kebakaran, yang dapat menyebabkan kerugian harta benda, properti, bahkan nyawa jika tidak segera ditangani. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pendeteksi dini kebakaran yang dapat memberikan peringatan secara cepat dan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe sistem keselamatan kebakaran berbasis *Internet of Things* (IoT), yang menggunakan berbagai sensor dan kecerdasan buatan dengan metode *Naive Bayes* untuk mengklasifikasikan potensi kebakaran pada gedung. Sistem ini memanfaatkan microcontroller ESP32 sebagai penghubung antara sensor dan aplikasi Telegram untuk pemantauan serta notifikasi kebakaran secara *real-time*. Sensor Api dan Sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi api, asap dan gas yang menjadi indikasi awal kebakaran, sementara modul ESP32-CAM digunakan untuk mengambil gambar atau video situasi kebakaran. Metode *Naive Bayes* dipilih karena cocok digunakan pada sistem berbasis mikrokontroler dengan keterbatasan penyimpanan, seperti ESP32. Dataset yang digunakan untuk penelitian berjumlah 3200 data. Hasil dari penelitian model yang dikembangkan menunjukkan akurasi tinggi sebesar 96,72% dengan *precision*, *recall*, dan *F1-score* mencapai hingga 0,97, menandakan kemampuan klasifikasi yang konsisten dan seimbang dalam membedakan kondisi berbahaya dan tidak berbahaya.

Kata kunci— Deteksi Kebakaran, *Naïve Bayes*, *Internet of Things*, ESP32

I. PENDAHULUAN

Kebakaran adalah salah satu jenis bencana yang kerap terjadi di Indonesia. Bencana ini dapat terjadi diberbagai lokasi dan waktu tanpa mengenal batasan tempat maupun waktu[1]. Berdasarkan data dari Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan Provinsi DKI Jakarta, pada tahun 2020 tercatat sebanyak 5.043 kasus kebakaran dan penyelamatan di wilayah DKI Jakarta. Dari jumlah tersebut, wilayah Jakarta Selatan mencatat jumlah kasus penyelamatan

tertinggi, yaitu sebanyak 1.098 kasus, diikuti oleh Jakarta Timur dengan 1.013 kasus[2].

Rumah tinggal merupakan salah satu jenis bangunan yang paling rentan terhadap risiko kebakaran karena biasanya terdapat banyak bahan mudah terbakar yang memungkinkan api menyebar dengan cepat. Dalam beberapa kondisi, penghuni rumah mungkin tidak menyadari terjadinya kebakaran, misalnya saat mereka sedang berada di luar rumah atau tertidur di malam hari. Ketidaksadaran ini dapat menghambat deteksi dini kebakaran, sehingga berpotensi menimbulkan kerugian besar, baik berupa kerusakan harta benda, properti, maupun kehilangan nyawa jika api tidak segera ditangani. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem yang dapat memberikan peringatan dini tentang kebakaran, sehingga penghuni rumah dapat mendeteksi tanda-tanda awal kebakaran dengan cepat dan mengambil tindakan yang tepat[3].

Internet of Things (IoT) adalah sistem yang menghubungkan berbagai objek fisik melalui internet untuk mendukung pertukaran informasi dan komunikasi. Kemajuan pesat teknologi ini telah memungkinkan perangkat sehari-hari untuk terhubung dengan internet, menjadikannya bagian tak terpisahkan dari kehidupan modern. Pada akhir tahun 2020, jumlah perangkat IoT yang terhubung secara global mencapai 11,3 miliar, dan angka ini diperkirakan akan terus meningkat hingga mencapai 27,1 miliar perangkat pada tahun 2025, mencerminkan pertumbuhan yang pesat dalam adopsi teknologi IoT[4].

Penelitian sebelumnya bertujuan untuk merancang sebuah prototipe sistem pendeteksi dini kebakaran berbasis IoT dengan memanfaatkan microcontroller NodeMCU tanpa menambahkan pemrosesan visual melalui ESP32 CAM[5]. Prototipe ini menggunakan sensor MQ-2 dan sensor Api untuk mendeteksi keberadaan api, asap dan gas yang menjadi indikator awal kebakaran, serta tambahan modul ESP32-CAM untuk menangkap gambar atau video sebagai dukungan

visual dalam memantau situasi secara real-time. Penelitian sebelumnya yang berjudul “A Novel k-Coverage and m-Connectivity-Based Fire Prediction Model for Consumer IoT Using Fish Swarm Optimization and Logistic Regression Model” berfokus pada pengembangan sistem prediksi k-Coverage and m-Connectivity untuk jangkauan dan kualitas jaringan sensor[6]. Berbeda dengan penelitian ini yang menekankan pada implementasi sistem pendeteksi kebakaran dengan kombinasi sensor api, sensor MQ2, dan ESP32 CAM, serta menerapkan algoritma Naive Bayes sebagai metode klasifikasi.

Berdasarkan permasalahan dan perkembangan penelitian sebelumnya, penelitian ini mengembangkan sebuah prototipe sistem keselamatan kebakaran gedung yang dapat mengklasifikasikan potensi kebakaran dengan menggunakan berbagai sensor dan kecerdasan buatan melalui metode Naive Bayes, serta memantau kebakaran menggunakan teknologi IoT. Pada prototipe ini, IoT digunakan untuk memantau dan memberikan notifikasi sensor melalui aplikasi Telegram. Aplikasi Telegram Bot diprogram untuk memantau data sensor, menganalisis potensi kebakaran menggunakan metode Naive Bayes, dan memberikan notifikasi kebakaran secara real-time. Algoritma Naive Bayes dipilih sebagai sistem cerdas untuk mengklasifikasikan potensi kebakaran pada gedung, karena sangat cocok digunakan pada sistem berbasis mikrokontroler yang memiliki keterbatasan penyimpanan seperti pada NodeMCU ESP32, yang tidak memiliki kapasitas besar untuk memproses data latih yang kompleks[5].

Penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya karena tidak hanya mengembangkan sistem pendeteksi dini kebakaran berbasis IoT dengan memanfaatkan sensor MQ-2 dan flame sensor, tetapi juga mengintegrasikan modul ESP32-CAM dan algoritma Naive Bayes sebagai metode kecerdasan buatan untuk mengklasifikasikan potensi kebakaran secara lebih akurat. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan notifikasi real-time melalui aplikasi Telegram Bot, sehingga memungkinkan pemantauan yang lebih efisien dan respons yang lebih cepat dibandingkan dengan pendekatan yang hanya mengandalkan deteksi sensor tanpa analisis kecerdasan buatan.

II. KAJIAN TEORI

Penelitian terdahulu yang mendukung pengembangan sistem deteksi dini kebakaran berbasis IoT dalam proposal ini mencakup beberapa studi terkait. Penelitian yang dipublikasikan dalam “Jurnal Ilmu Komputer dan Bisnis, Vol. 15, No. 1” membahas implementasi sistem berbasis IoT yang relevan dengan pengelolaan data sensor. Selanjutnya, artikel dari “Journal of Computational Science and Technology, Vol. 2, No. 3”, menyoroiti penerapan sensor gas dalam mendeteksi konsentrasi bahan berbahaya, yang berkaitan dengan penggunaan sensor MQ-2.

Penelitian yang membahas pengembangan sistem IoT berbasis microcontroller dengan fokus pada efisiensi daya dan konektivitas Wi-Fi, sejalan dengan penerapan NodeMCU ESP32. Sementara itu, studi dari “Buletin Ilmiah ICT, Vol. 9, No. 1”, mengeksplorasi pemanfaatan modul ESP32 untuk pengolahan gambar secara real-time, relevan dengan fitur ESP32-CAM.

Artikel dari “Jurnal Teknologi Informasi, Vol. 8, No. 6”, menguraikan pengembangan sistem keamanan berbasis IoT untuk rumah tangga, memberikan pendekatan yang dapat meningkatkan keandalan sistem pendeteksi kebakaran. Selain itu, penelitian yang diterbitkan di “Journal of Advances in Information Technology, Vol. 13, No. 6”, membahas aplikasi sensor dalam sistem monitoring IoT, yang mendukung integrasi sensor MQ-2 dan ESP32-CAM.

Studi lain dari “Techne Journal, Vol. 21, No. 1”, membahas teknik kalibrasi sensor untuk meningkatkan akurasi, yang penting untuk optimasi sistem ini.

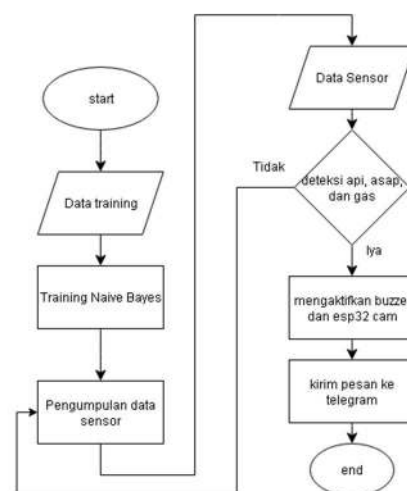
“International Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol. 23, No. 3”, menyoroiti penggunaan microcontroller dalam otomatisasi berbasis IoT, mendukung integrasi perangkat keras dan perangkat lunak yang relevan.

Penelitian oleh “Arif Adi Nur Rohman, Royan Hidayat, dan Fahreza Rizky Ramadhan (2021)” berjudul “Pemrograman Mesin Smart Bartender Menggunakan Software Arduino IDE Berbasis Microcontroller ATmega2560”, menjelaskan penggunaan Arduino IDE untuk pemrograman perangkat berbasis microcontroller, yang menjadi dasar dalam menyusun logika sistem deteksi kebakaran ini. Semua studi tersebut memberikan kontribusi penting dalam aspek teknis dan konseptual terhadap pengembangan sistem IoT yang dirancang dalam proposal ini.

Penelitian "Intelligent System for Internet of Things-Based Building Fire Safety with Naive Bayes Algorithm" mengembangkan sistem keselamatan kebakaran berbasis IoT dengan algoritma Naive Bayes untuk mengklasifikasikan potensi kebakaran dan mengirimkan notifikasi real-time. Relevansi penelitian ini dengan proposal terletak pada penggunaan algoritma Naive Bayes, namun proposal yang diajukan menambahkan integrasi sensor MQ-2, flame sensor, modul ESP32-CAM untuk tangkapan visual, serta notifikasi melalui Telegram Bot, sehingga menawarkan solusi yang lebih komprehensif dan efisien.

III. METODE

Metode penelitian menggunakan beberapa langkah dalam membangun sistem. Alur proses sistem pada penelitian ini yang terdiri dari beberapa tahapan.



GAMBAR 1
(Flow Chart Alur Sistem)

Proses dimulai dengan inialisasi sistem dan klasifikasi data sensor menggunakan algoritma *Naive Bayes*, yang berfungsi untuk menentukan *threshold* asap atau gas di suatu ruangan ketika terjadi kebakaran. Selanjutnya, sistem menerima input dari 2 sensor, yaitu sensor MQ2 dan sensor Api. Kedua sensor mendeteksi keberadaan gas, asap, dan api, proses ini bersifat terus-menerus terhadap perubahan kondisi ruangan.

Jika dari hasil deteksi dari sensor tidak menemukan indikasi ancaman, maka sistem akan kembali memproses secara berulang. Namun, jika terdeteksi adanya potensi kebakaran, maka sistem akan secara otomatis mengaktifkan buzzer sebagai alarm lokal dan mengoperasikan modul ESP32 CAM untuk mendokumentasi visual berupa foto secara *real-time*.

Sebagai tindak lanjut, sistem akan mengirimkan notifikasi peringatan beserta dokumentasi visual melalui bot Telegram, sehingga pengguna dapat menerima informasi secara *real-time*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil proses pelatihan dan pengujian pada model algoritma *Naive Bayes*, menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi, yaitu sebesar 96,72%, dengan nilai *precision* dan *recall* masing-masing kategori berada dalam rentang 0,93 hingga 1,00. Hasil ini menunjukkan bahwa model mampu membedakan antara kondisi berbahaya dan tidak berbahaya secara konsisten dan efisien. Nilai *F1-Score* untuk kedua kelas mencapai 0,97, mengindikasikan keseimbangan yang baik antara tingkat kesalahan positif dan kesalahan negatif dalam klasifikasi. Selain itu, analisis terhadap nilai rata-rata pembacaan sensor per kelas menunjukkan bahwa kategori berbahaya (label 1_nan) memiliki rata-rata pembacaan MQ2 sebesar 749.88, sedangkan kategori tidak berbahaya (label 0_nan) memiliki nilai rata-rata sebesar 624.36. Untuk *sensor flame*, nilai rata-rata pembacaan pada kondisi aman adalah 1.00, sedangkan pada kondisi dengan keberadaan api adalah 0.06 (*LOW*). Berdasarkan distribusi data ini, model *Naive Bayes* secara statistik mampu menentukan ambang pemisah (*threshold*) optimal untuk membedakan kondisi aman dan berbahaya, yakni pada nilai MQ2 sebesar 2750,49.

TABLE 1
(Hasil Klasifikasi *Naive Bayes*)

Threshold		2750			
Akurasi		0,967% (97%)			
Kelas	Precision	Recall	F1-Score	Support	
0 nan	0,93	1,00	0,97	297	
1 nan	1,00	0,94	0,97	343	
Accuracy			0,97	640	
Macro avg	0,97	0,97	0,97	640	
Weighted avg	0,97	0,97	0,97	640	

Sistem pendeteksi kebakaran ini mampu merespons dengan cepat ketika sensor MQ-2 mendeteksi asap atau gas melebihi *threshold* maupun saat *flame sensor* mendeteksi api.

Dalam kedua kondisi tersebut, buzzer akan otomatis menyala sebagai alarm lokal, sementara ESP32-CAM mengambil gambar dan mengirim notifikasi *real-time* ke Telegram, lengkap dengan foto kejadian. Waktu respons rata-rata kurang dari 2 detik, sehingga efektif untuk mitigasi risiko kebakaran. *Sensor flame* menunjukkan akurasi tinggi pada jarak efektif 0–30 cm, meskipun kinerjanya dapat terganggu oleh cahaya terang langsung. Pengujian gabungan menunjukkan sistem dapat memberikan informasi cepat, akurat, dan *real-time* kepada pengguna saat terjadi kebakaran.

TABLE 2
(Hasil Pengujian Sistem Kebakaran)

Kondisi	Nilai Sensor MQ2	Nilai Sensor Api	status	buzzer	notifikasi
Aman	<1700 ppm	1	Tidak ada api	mati	Tidak mengirim
Berbahaya	<1700 ppm	0	Ada api	aktif	mengirim
Berbahaya	>1700 ppm	1	Ada gas/Asap berbahaya	aktif	mengirim
Berbahaya	>1700 ppm	0	Ada api & Ada Gas/Asap Berbahaya	Aktif	mengirim



GAMBAR 2
(Notifikasi Sistem Kebakaran Ketika Mendeteksi Kebakaran)

Ketika sistem mendeteksi kondisi yang berbahaya, maka akan langsung mengirimkan notifikasi berupa foto ke Telegram dan membunyikan alarm sebagai peringatan lokal jika penghuni berada di sekitar kejadian.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan rangkaian eksperimen yang telah dilakukan, prototipe sistem deteksi kebakaran berbasis IoT yang dikembangkan berhasil berjalan dengan baik sesuai dengan tujuan awal. Sistem ini menggunakan kombinasi sensor gas MQ2 dan sensor api untuk memantau kondisi lingkungan, serta dilengkapi ESP32-CAM yang secara otomatis mengambil gambar saat potensi bahaya terdeteksi. Setelah

itu, sistem mengirimkan notifikasi ke Telegram melalui Bot API, yang berisi peringatan dan dokumentasi visual.

Dari hasil pengujian, algoritma *Naive Bayes* yang diterapkan untuk klasifikasi data sensor gas menunjukkan performa yang cukup memuaskan, dengan tingkat akurasi mencapai 96%. Model ini mampu mengelompokkan kondisi lingkungan menjadi dua kategori utama: aman dan bahaya. Dataset yang digunakan berjumlah 3200 data, dan pengujian dilakukan dalam beberapa skenario, termasuk simulasi kebakaran kecil dengan lilin atau korek api. Rata-rata waktu yang dibutuhkan sistem dari deteksi hingga pengiriman notifikasi adalah sekitar 2–3 detik, yang menunjukkan bahwa sistem cukup responsif.

Secara umum, sistem ini telah memenuhi target yang ditetapkan dalam penelitian, yaitu membangun sebuah alat deteksi kebakaran yang dapat memberikan peringatan secara cepat dan langsung ke perangkat pengguna melalui aplikasi Telegram.

REFERENSI

- [1] D. H. Pranata and L. Latipah, "Prototype Pendeteksi Kebakaran Dini Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Notifikasi Telegram," *Jurnal Ilmu Komputer dan Bisnis*, vol. 15, no. 1, pp. 116–124, May 2024, doi: 10.47927/jikb.v15i1.709.
- [2] A. Sudarta, F. Ferdiansyah, R. R. Siahaan, and M. Maruloh, "Rancang Bangun Pendeteksi Kebakaran dan Monitoring Berbasis IoT dengan Microcontroller NodeMCU," *BINA INSANI ICT JOURNAL*, vol. 9, no. 1, p. 22, Jun. 2022, doi: 10.51211/biict.v9i1.1704.
- [3] Amalia Rahman, Lalu Delsi Samsumar, and Muhammad Nasirudin Karim, "Sistem Deteksi Kebakaran Pada Rumah Dengan Notifikasi Whatsapp Berbasis IoT," *Journal of Computer Science and Technology (JOCSTEC)*, vol. 2, no. 3, pp. 135–143, Sep. 2024, doi: 10.59435/jocstec.v2i3.412.
- [4] M. Selvaraj and G. Uddin, "A Large-Scale Study of IoT Security Weaknesses and Vulnerabilities in the Wild," *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, vol. 34, no. 2, pp. 1–40, Feb. 2025, doi: 10.1145/3691628.
- [5] N. G. A. Dasriani, S. Hadi, and M. Syahrir, "Intelligent System for Internet of Things-Based Building Fire Safety with Naive Bayes Algorithm," *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, vol. 23, no. 1, pp. 229–242, Nov. 2023, doi: 10.30812/matrik.v23i1.3581.
- [6] C. Thuppari *et al.*, "A Novel k -Coverage and m -Connectivity-Based Fire Prediction Model for Consumer IoT Using Fish Swarm Optimization and Logistic Regression Model," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 71, no. 1, pp. 131–139, Feb. 2025, doi: 10.1109/TCE.2024.3471897.