

## Rancang bangun sistem deteksi dini kebakaran berbasis *drone* dengan pengolahan citra digital pada *Raspberry Pi*

Eka Susanti <sup>a,1,\*</sup>, Yessy Marniati <sup>a,2</sup>, Muhammad Hanif Fatin <sup>a,3</sup>, Cindy Apriliya <sup>a,4</sup>,  
Melna Evanti Relointri <sup>a,5</sup>

<sup>a</sup> Politeknik Negeri Sriwijaya Jln Sriwijaya Negara Bukit Besar, Palembang, Sumatera Selatan (30128)

<sup>1</sup> ekasusanti78910@gmail.com \*; <sup>2</sup> cindyapriliya2504@gmail.com

### INFO ARTIKEL

#### Histori Artikel

Pengajuan 2025-10-20  
Diperbaiki 2026-01-07  
Diterima 2026-01-08

#### Kata Kunci

Drone,  
ESP32,  
GPS,  
Kamera,  
*Raspberry Pi*,  
Telegram

### ABSTRAK

Kebakaran merupakan bencana yang sering terjadi dan sulit dideteksi secara dini. Penelitian ini merancang dan membangun sistem deteksi dini kebakaran berbasis *drone* dengan memanfaatkan pengolahan citra digital pada *Raspberry Pi*. Sistem dilengkapi dengan kamera sebagai sensor utama untuk menangkap citra lingkungan, yang kemudian dianalisis menggunakan metode deteksi warna api secara *real-time*. *Raspberry Pi* berfungsi sebagai pusat pemrosesan data, sementara modul ESP32 digunakan untuk komunikasi data dan pengendalian perangkat. Lokasi kebakaran diidentifikasi melalui modul GPS, memungkinkan pemantauan posisi secara akurat. Notifikasi hasil deteksi dikirimkan secara otomatis melalui aplikasi Telegram, sehingga memudahkan pengguna dalam merespons kejadian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi potensi kebakaran dengan respon cepat dan akurasi tinggi dalam berbagai kondisi pencahayaan. Sistem ini diharapkan menjadi solusi efektif dalam mendukung upaya mitigasi bencana kebakaran hutan secara efisien dan *real-time*.

### ABSTRACT

#### Keyword

Camera,  
Drone,  
ESP32,  
GPS,  
*Raspberry Pi*,  
Telegram

*Fires are a common disaster that are difficult to detect early. This study designed and built a drone-based early fire detection system using digital image processing on a Raspberry Pi. The system is equipped with a camera as the main sensor to capture images of the environment, which are then analyzed using a real-time fire color detection method. The Raspberry Pi functions as the data processing center, while the ESP32 module is used for data communication and device control. The location of the fire is identified through a GPS module, enabling accurate position monitoring. Detection results are automatically sent via the Telegram application, making it easier for users to respond to incidents. Test results show that the system is capable of detecting potential fires with fast response and high accuracy in various lighting conditions. This system is expected to be an effective solution in supporting efficient and real-time forest fire mitigation efforts.*

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



## 1. Pendahuluan

Di Indonesia, kebakaran hutan dan lahan, atau *karhutla*, merupakan ancaman serius yang terus meningkat setiap tahun [1]. Kebakaran ini merusak ekosistem dan menghapus banyak keanekaragaman hayati [10]. Ketika banyak flora dan fauna asli Indonesia menjadi korban, kemungkinan kepunahan meningkat. Jika masalah ini tidak ditangani segera, konsekuensi akan sangat kompleks. Kebakaran hutan tidak hanya merusak lingkungan dan ekologi, tetapi juga menyebabkan masalah kesehatan bagi masyarakat setempat. Partikel berbahaya dari asap kebakaran dapat menyebabkan penyakit pernapasan seperti asma dan bronkitis, terutama pada anak-anak dan orang dewasa. Karena banyaknya hutan di Indonesia, masalah kebakaran menjadi sulit untuk ditangani dengan cepat. Pemerintah telah mencoba menggunakan helikopter untuk memantau masalah ini, tetapi itu hanya dapat digunakan pada siang hari dan membutuhkan biaya besar. Selain itu, penanganan kebakaran menjadi lebih sulit dan lebih lama di beberapa wilayah hutan karena infrastruktur dan akses yang terbatas. Oleh karena itu, metode yang lebih efektif diperlukan untuk menyelesaikan masalah ini. Solusi yang menjanjikan adalah penggunaan drone (*unmanned aerial vehicles/UAV*) [1]. Drone memiliki kamera termal dan sensor pintar yang memungkinkan pemadaman kebakaran yang cepat dan mudah [10]. Daripada helikopter, drone lebih murah dan dapat beroperasi sepanjang hari tanpa cahaya. Selain itu, drone dapat mencapai lokasi yang sulit diakses dan menyampaikan data *real-time* kepada tim pemadam kebakaran, yang memungkinkan tindakan yang lebih cepat dan tepat. [1].

Kebakaran dapat terjadi siang atau malam, di hutan, bangunan kota, perumahan, tempat umum, dan lain-lain [11]. Penelitian ini akan membangun sistem yang dapat mendeteksi kebakaran secara *real-time* dan dapat dipantau secara jauh dengan menggunakan kamera berbasis pengolahan warna yang didukung oleh *Raspberry Pi*. Sistem ini akan memproses data *video* dengan menggunakan hasil segmentasi warna api untuk mendeteksi kebakaran. Sistem ini akan menggunakan pengolahan citra CIP untuk metode yang memerlukan komputasi tinggi [2]. Oleh karena itu, suatu alat deteksi kebakaran mungkin diperlukan sebagai alat bantu untuk pencegahan kebakaran yang lebih cepat dan efektif [7]. Dalam situasi seperti ini, webcam dapat diubah menjadi alat deteksi awal kebakaran [4]. Sistem deteksi kebakaran ini dirancang untuk mendeteksi api dengan menghitung nilai RGB api, mengidentifikasi pergerakan api, dan *menggunakan* luas pixel *video* yang diambil webcam sebagai input data.[2]. Pengamatan sebelumnya menunjukkan bahwa membuat sistem deteksi kebakaran menggunakan ESP32 dan Arduino dapat membantu mencegah kebakaran [4]. Alat ini menggunakan sensor api, suhu, dan asap/gas untuk mendeteksi kebakaran.[12]. Espressif Systems, sebuah perusahaan yang berbasis di Shanghai, China, membuat mikrokontroler ESP32. Sebagai penghubung dari mikrokontroler yang ada ke jaringan WiFi, ESP32 menawarkan solusi jaringan WiFi yang mandiri.[4].

NodeMCU ESP32 merupakan mikrokontroler yang sudah dilengkapi dengan modul *Wi-Fi* [5]. Alat monitoring keberadaan api menggunakan aplikasi Telegram untuk menampilkan data pada smartphone ataupun PC [6]. Dengan melakukan program yang sesuai dan terkoneksi dengan internet, maka alat tersebut dapat mengirimkan data dan dapat diakses melalui internet[5].

Penelitian terhadap sensor yang digunakan untuk memprediksi kejadian kebakaran menggunakan NodeMCU [14]. Diharapkan dengan menggunakan sensor yang dipasangkan pada NodeMCU dapat mengurangi jumlah kematian akibat kebakaran baik secara materil maupun korban jiwa dan juga dapat mendeteksi kebakaran sebelum meluas sehingga mudah ditangani dan dihentikan [7]. Sensor yang dipasangkan pada NodeMCU berbasis Telegram dan IOT, sehingga pemilik sensor dapat mendapatkan informasi tentang apa yang terjadi di sekitarnya. [9].

## 2. Metode

Menjelaskan kronologis penelitian, termasuk desain penelitian, prosedur penelitian dalam Metodologi penulisan adalah suatu proses untuk memecahkan masalah logis yang memerlukan data untuk mendukung penelitian. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif, yang berarti fakta-fakta dan informasi tentang situasi atau peristiwa saat ini digambarkan secara sistematis, faktual, dan akurat.

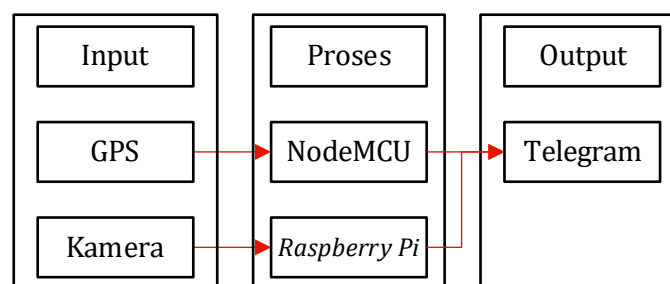
1. Metode Literatur : Metode ini memungkinkan penulis mendapatkan informasi yang akurat tentang topik yang akan dibahas dalam laporan akhir melalui pengumpulan data literatur dari buku, laporan, internet, artikel, dan sumber lain yang terkait;
2. Metode Observasi : Metode ini berfokus pada alat dan digunakan sebagai referensi untuk pengumpulan data melalui percobaan langsung dan tidak langsung;
3. Metode Cyber : Metode ini digunakan untuk mengumpulkan informasi dan data tentang masalah yang dibahas dari berbagai sumber untuk digunakan sebagai referensi dalam laporan;
4. Metode Konsultasi : Metode ini digunakan dengan berkonsultasi dengan tim penelitian untuk mempermudah penulisan laporan ini.

## Perancangan Sistem

Beberapa tahapan yang dilakukan pada Perancangan Sistem yaitu:

### 1. Blok Diagram

Blok Diagram merupakan alur kerja antar komponen pada system pendeteksi dini kebakaran. Pada tahap input sistem menggunakan dua sensor utama, yaitu GPS dan kamera. Sensor GPS berfungsi untuk menentukan lokasi perangkat secara akurat, yang nantinya akan dikirimkan sebagai informasi jika terjadi kebakaran. Sementara itu, kamera berperan dalam menangkap gambar atau *video* guna mendeteksi keberadaan asap atau api. Data yang diperoleh dari kedua sensor ini akan diteruskan ke tahap pemrosesan untuk dianalisis lebih lanjut.



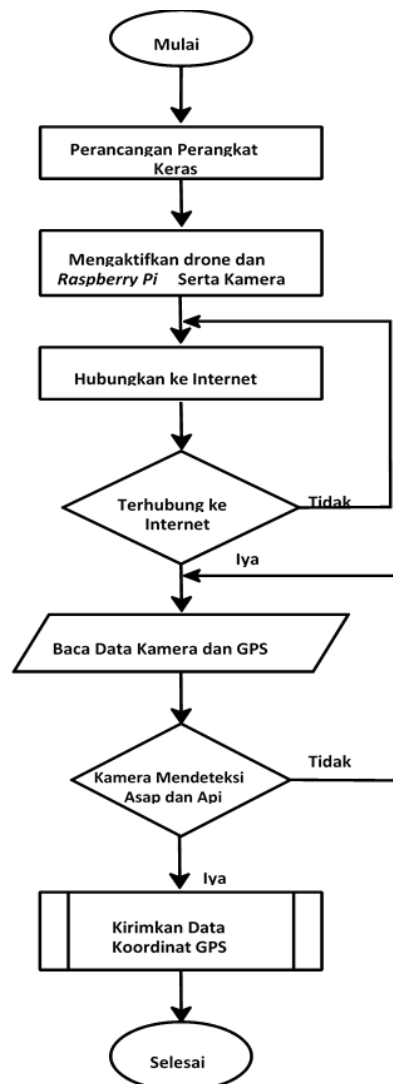
**Gambar 1.** Blok Diagram Sistem Deteksi Dini Kebakaran

Tahap proses dalam sistem ini melibatkan dua perangkat komputasi utama seperti pada gambar 1, yaitu NodeMcu dan *Raspberry Pi*. NodeMcu, yang merupakan mikrokontroler berbasis ESP8266, bertanggung jawab dalam menghubungkan sistem ke jaringan internet serta menangani komunikasi data yang diperoleh dari sensor GPS. Sementara itu, *Raspberry Pi* berfungsi sebagai unit pemrosesan utama yang bertugas mengolah data visual yang dihasilkan oleh kamera. *Raspberry Pi* dapat menerapkan algoritma pemrosesan citra guna mendeteksi keberadaan asap atau api secara otomatis. Setelah data dianalisis dan dideteksi adanya potensi kebakaran, informasi ini akan diteruskan kembali ke NodeMcu untuk diproses lebih lanjut. Pada tahap Output, sistem akan mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui Telegram. Jika sistem mendeteksi adanya indikasi kebakaran, informasi berupa lokasi yang diperoleh dari GPS serta

bukti visual dari kamera akan dikirimkan kepada pengguna melalui *Bot Telegram*. Dengan mekanisme ini, pihak terkait dapat menerima peringatan secara *real-time* dan segera mengambil langkah-langkah penanggulangan yang diperlukan.

## 2. Flowchart

*Flowchart* merupakan gambaran alur kerja dalam perancangan sistem deteksi dini kebakaran secara terperinci. Pengguna harus merakit perangkat keras sebagai tanda mulai, setelah perangkat selesai dirakit hubungkan perangkat ke jaringan internet yang tersedia, setelah berhasil terbangkan drone untuk memulai kegiatan penelusuran wilayah sebagai pemantauan deteksi dini api kebakaran.



**Gambar 2.** Flowchart sistem kerja alat

Pada gambar 2 alur kerja sistem dijelaskan sebagai berikut, tahap pertama dalam sistem ini adalah inisialisasi pin dan variabel, dimana perangkat keras seperti sensor, kamera, dan modul komunikasi dikonfigurasi agar dapat berfungsi dengan optimal. Setelah proses inisialisasi selesai, sistem akan mencoba menghubungkan dirinya ke jaringan internet. Koneksi internet menjadi bagian krusial dalam sistem berbasis IoT, karena memungkinkan perangkat untuk mengirimkan data secara *real-time* ke *platform* pemantauan jarak jauh. Jika perangkat tidak berhasil terhubung ke internet, sistem akan terus mencoba hingga koneksi berhasil. Namun, jika koneksi telah

terjalin, sistem akan melanjutkan ke tahap berikutnya, yaitu mengaktifkan kamera untuk mendeteksi adanya asap atau api.

Pada tahap deteksi, kamera yang telah diaktifkan akan bekerja untuk memantau lingkungan sekitar dan mengenali keberadaan asap atau api menggunakan sensor atau teknologi pengolahan citra. Jika tidak ditemukan tanda-tanda kebakaran, sistem akan kembali ke tahap pemantauan awal dan terus bekerja secara berulang. Namun, jika terdapat indikasi asap atau api, sistem akan segera mengambil langkah berikutnya, yaitu mengirimkan data GPS ke *server* IoT. Informasi lokasi ini sangat penting untuk memastikan bahwa pihak berwenang, seperti pemadam kebakaran atau pengelola gedung, dapat segera mengambil tindakan pencegahan. Setelah data GPS berhasil dikirim, sistem akan menyelesaikan proses dan kembali ke siklus pemantauan untuk terus memantau potensi kebakaran.

Sistem ini memiliki keunggulan dalam mendeteksi kebakaran secara otomatis dan memberikan peringatan dini sebelum api menyebar lebih luas. Dengan adanya konektivitas IoT, data pemantauan dapat diakses dari jarak jauh, memungkinkan respons yang lebih cepat dalam menghadapi situasi darurat. Implementasi sistem ini dapat diterapkan diberbagai lingkungan, seperti perkantoran, gudang penyimpanan, kawasan industri, hingga pemantauan hutan guna mengurangi risiko kebakaran hutan. Selain itu, sistem ini dapat diintegrasikan dengan perangkat pintar lainnya, seperti alarm kebakaran otomatis dan sistem pemadam berbasis sensor, untuk meningkatkan efisiensi dalam pencegahan kebakaran.

### **Pengujian Sistem**

Alat pendeteksi api kebakaran menggunakan baterai lippo 2 *cell* dengan nilai 7.4 volt dan bekerja dengan UBEC sebagai penurun tegangan. Tegangan 5 volt dari baterai lippo akan diterima oleh *Raspberry Pi* dan Node MCU ESP 32, yang merupakan tegangan standar untuk kedua perangkat tersebut. Dengan bantuan baterai lippo 2 *cell*, alat dapat beroperasi dengan baik. Ketika baterai disambungkan ke *Raspberry Pi* melalui UBEC, bukan hanya *Raspberry Pi* yang menyala tetapi juga NodeMcu ESP32. Namun, kabel harus dipasang dari *Raspberry Pi* ke NodeMcu ESP32, Setelah berhasil menyala, alat akan menunggu sinyal *Wi-Fi* pada android yang telah diprogram sebelumnya. Setelah sinyal *Wi-Fi* terhubung dan modul GPS Neo-6m terhubung ke NodeMcu ESP32 berhasil mendapatkan sinyal koordinat, alat sudah siap untuk digunakan. Selain itu, alat dapat diterbangkan untuk mencari titik api dengan bantuan drone. Setelah alat berhasil terbang dengan bantuan drone, alat juga dapat digunakan untuk mencari titik api.

## **3. Hasil dan Analisis**

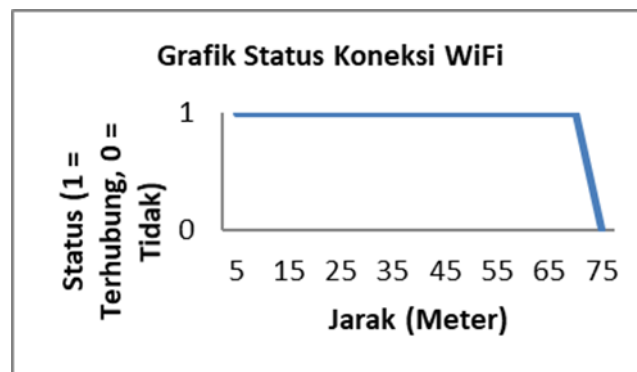
### **Pengujian Aplikasi Telegram**

Pengujian aplikasi Telegram digunakan untuk mendeteksi titik kebakaran. Aplikasi ini mengirimkan gambar yang tertangkap oleh kamera yang terhubung dengan perangkat untuk mengetahui apakah yang ditemukan adalah api atau sesuatu yang mirip dengan api seperti persamaan warna. Pengujian aplikasi Telegram ini juga merupakan cara pertama untuk mengetahui apakah aplikasi dan perangkat telah dibuat dengan benar.

Beberapa tujuan tambahan dari pengujian perangkat ini adalah Memastikan bahwa perangkat dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasi dan persyaratan yang telah ditentukan, Membantu memastikan bahwa perangkat memberikan pengalaman pengguna yang baik dengan berhasil mendeteksi titik api kebakaran, Membantu melakukan patroli di sekitar lokasi alat untuk mencegah titik api kebakaran yang semakin meluas, *Tracking Drone* mengirimkan gambar dan lokasi api kebakaran dengan tepat ke aplikasi Telegram dan untuk menentukan seberapa jauh GPS mendeteksi Lokasi seperti pada tabel 1 dan Gambar 3.

**Tabel 1.** Pengujian Jarak Jangkauan Sinyal Wifi ke Drone

No.	Jarak (meter)	Status
1.	10	Terhubung
2.	20	Terhubung
3.	30	Terhubung
4.	40	Terhubung
5.	50	Terhubung
6.	60	Terhubung
7.	70	Terhubung
8.	80	Tidak Terhubung

**Gambar 3.** Grafik Status Koneksi Wifi berdasarkan jarak

### Pengujian Akurasi Deteksi Api

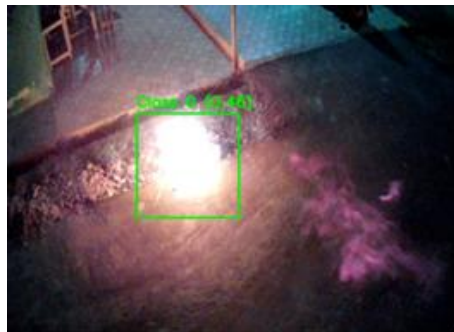
Pada hasil pengujian akurasi deteksi api merupakan penyajian data dan informasi mengenai sejauh mana sistem atau kamera alat pendeteksi api mampu mengenali keberadaan titik api secara benar dan tepat. Pengujian ini dilakukan tiga tahap yaitu pada siang hari, sore hari dan malam hari pengujian ini bertujuan untuk mengukur kinerja sistem dalam membedakan antara kondisi yang terdapat api dengan keadaan pencahayaan yang berbeda, Dimana hasilnya ditampilkan pada tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Deteksi Api

Hasil Gambar Deteksi Api	Akurasi Deteksi Api
	Pengambilan data Siang hari dengan akurasi 61%



Pengambilan data Sore hari dengan akurasi 50 %



Pengambilan data malam hari dengan akurasi 46 %

### Hasil Deteksi di Aplikasi Telegram

Pada hasil pengujian yang telah di ujikan *drone* dapat menangkap titik api kebakaran melalui gambar dan akan dikirimkan ke aplikasi telegram serta selain itu titik lokasi juga akan di kirimkan ke aplikasi telegram, hal ini tidak serta-merta langsung terkirim, tentunya sebelum hasil di kirimkan, perangkat telah di atur menggunakan program yang telah terinput. Berikut merupakan hasil yang telah terkirim ke aplikasi telegram seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Lokasi Api yang Tedeteksi

Hasil Deteksi Api	Keterangan
	Gambar titik api berhasil terdeteksi
	Lokasi titik api kebakaran berhasil terdeteksi

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap akurasi kamera pendeteksi api pada drone pada tiga waktu yang berbeda siang, sore, dan malam diperoleh kesimpulan bahwa sistem kamera mampu mendeteksi titik api secara efektif dengan tingkat akurasi yang bervariasi tergantung pada kondisi pencahayaan lingkungan.

#### 4. Simpulan

Pada sistem deteksi dini kebakaran berbasis drone yang dirancang dalam penelitian ini telah berhasil mengintegrasikan teknologi pengolahan citra digital pada *Raspberry Pi* dengan sistem notifikasi melalui aplikasi Telegram secara *real-time*. Sistem ini memanfaatkan drone sebagai platform mobilitas untuk menjangkau area yang luas dan sulit diakses, dilengkapi dengan kamera yang merekam kondisi lingkungan secara langsung. Secara spesifik, sistem ini dirancang dengan komponen utama berupa *drone*, kamera, *Raspberry Pi*, dan modul komunikasi berbasis internet, dengan kemampuan pemrosesan lokal (*edge computing*) untuk meminimalisir keterlambatan.

#### Referensi

- [1] F. J. Usman and M. A. Suwarno, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Hutan Menggunakan Drone Berbasis Computer Vision," vol. 9, no. 2, Jul. 2025.
- [2] M. Nasir, Atthariq, and M. Arhami, "Sistem Pendeteksi Dini Kebakaran Menggunakan Colour Image Processing dan Raspberry Pi," vol. 2, no. 1, Sep. 2018.
- [3] M. A. Najib, A. Syuhada, W. D. Irfianton, and Sulartopo, "Sistem Deteksi Kebakaran Menggunakan ESP32 dan Arduino," vol. 3, no. 1, pp. 211–218, Oct. 2023.
- [4] M. V. Gultom and I. S. Putro, "Sistem Deteksi Kebakaran Berbasis IoT dengan Mikrokontroler ESP32," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 2, Apr. 2025.
- [5] R. O. Pulungan, T. I. Suharto, and M. M. Sukma, "Rancang Bangun Monitoring Keberadaan Api Berbasis NodeMCU ESP32 dengan Notifikasi Telegram," 2023.
- [6] M. Wahidin, A. Elanda, and S. S. Lie, "Implementasi Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis IoT dan Telegram Menggunakan NodeMCU," *Jurnal Interkom*, vol. 16, no. 2, Aug. 2021.
- [7] D. B. Saputra, R. Hidayati, and S. Suhardi, "Sistem Deteksi Dini dan Pemadaman Kebakaran Otomatis di Rumah Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU ESP32," *Jurnal Sistem Komputer dan Informatika (JSON)*, vol. 5, no. 3, pp. 581–589, Mar. 2024.
- [8] M. Ravly, M. W. Kasrani, and D. P. Setianingsih, "Perancangan Sistem Deteksi Kebakaran Berbasis Internet of Things dan Terintegrasi Notifikasi WhatsApp," *Jurnal Teknik Elektro Uniba*, vol. 10, no. 1, Oct. 2025.
- [9] Y. S. Kristama and I. R. Widiyari, "Alat Pendeteksi Kebakaran Dini Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan NodeMCU dan Telegram," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 6, no. 3, 2025.
- [10] E. D. Azzahra and M. A. S. Yudono, "Pengembangan Sistem Deteksi Kebakaran Hutan Berbasis ESP32 dan Panel Surya Menggunakan Logika Fuzzy untuk Pemantauan melalui Telegram," *Teknika STTKD*, vol. 11, no. 1, 2025.
- [11] H. S. Larasati and G. O. Safitri, "Implementasi Fire Detector untuk Deteksi Dini Kebakaran Menggunakan Multisensor dan Arduino Berbasis IoT," *Jurnal ESIT*, vol. 18, no. 2, 2023.
- [12] M. M. Susilo and L. Rakhmawati, "Implementation IoT in Fire and LPG Leakage Detection System Based on ESP32 with Multi-User Notification," *INAJEEE*, vol. 8, no. 2, pp. 59–68, 2025.
- [13] G. G. Salindeho and T. Wellem, "Perancangan dan Implementasi Sistem Pendeteksi dan Peringatan Kebakaran Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Sensor Api," *IT-Explore*, vol. 2, no. 3, pp. 179–191, 2023.

- [14] M. Hafiz and O. Candra, "Perancangan Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Mikrokontroler dan Aplikasi Map dengan Menggunakan IoT," *Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional*, vol. 7, no. 1, 2024.
- [15] T. Ardiyanto, C. Supriadi, and P. Priyadi, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Deteksi Dini Kebakaran Ruang Server Berbasis IoT," *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, 2025.