

## RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI PEMADAM API BERBASIS ESP32 DENGAN NOTIFIKASI TELEGRAM

Muhamad Rizqi Maulana<sup>1</sup>, Agus Suhendi<sup>2</sup>

Email: [rizqimaulanamaulana715@gmail.com](mailto:rizqimaulanamaulana715@gmail.com)<sup>1</sup>, [agussuhendi330@gmail.com](mailto:agussuhendi330@gmail.com)<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Pamulang

### ABSTRAK

Kebakaran merupakan bencana yang berpotensi menimbulkan kerugian besar baik secara material maupun korban jiwa. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pendeteksi dan pemadam api berbasis ESP32 dengan sensor Flame dan MQ-2 yang terintegrasi dengan notifikasi real-time melalui Telegram. Metode yang digunakan adalah *Waterfall* dengan tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, serta pengujian. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mendeteksi api maupun gas dengan akurasi tinggi, mengirimkan notifikasi rata-rata dalam 2,8 detik, serta memadamkan api kecil menggunakan pompa air dalam waktu kurang dari 5 detik. Sistem ini terbukti lebih efektif dibandingkan metode konvensional karena memadukan deteksi multi-sensor, notifikasi real-time, dan pemadaman otomatis berbasis IoT.

**Kata Kunci:** ESP32, Flame Sensor, IoT, MQ-2, Telegram.

### ABSTRACT

*Fire is a disaster that can cause significant material losses and casualties. This study aims to design a fire detection and extinguishing system based on ESP32 using Flame and MQ-2 sensors integrated with real-time notifications via Telegram. The applied method is Waterfall, consisting of requirements analysis, system design, implementation, and testing. The results show that the system can detect fire and gas accurately, deliver notifications within an average of 2.8 seconds, and extinguish small flames using a water pump in less than 5 seconds. This system is proven to be more effective than conventional methods since it integrates multi-sensor detection, real-time notifications, and automatic IoT-based extinguishing.*

**Keywords:** ESP32, Flame Sensor, IoT, MQ-2, Telegram.

## 1. PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan salah satu jenis bencana yang dapat menimbulkan dampak signifikan baik dari segi kerugian material maupun korban jiwa. Peristiwa kebakaran seringkali menimbulkan kerugian yang meluas karena api dapat menjalar dengan cepat, terutama di kawasan padat penduduk, lingkungan industri, maupun gedung bertingkat yang memiliki banyak sumber bahan mudah terbakar. Selain itu, kebakaran juga dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan, gangguan kesehatan akibat asap beracun, serta menurunkan kualitas hidup masyarakat terdampak.

Salah satu penyebab tingginya tingkat kerugian akibat kebakaran adalah keterlambatan dalam proses deteksi dini dan penanganan. Ketika kebakaran tidak segera terdeteksi, api berpotensi berkembang dengan cepat sehingga proses pemadaman menjadi lebih sulit dan membutuhkan sumber daya yang lebih besar. Keterlambatan deteksi juga mengurangi peluang penyelamatan korban dan aset berharga.

Pada umumnya, sistem deteksi kebakaran konvensional masih bergantung pada alarm manual atau sensor tunggal seperti detektor asap atau detektor panas. Sistem ini hanya memberikan tanda berupa bunyi lokal di area tertentu. Walaupun bermanfaat, sistem tersebut memiliki kelemahan mendasar karena efektivitasnya sangat terbatas pada situasi ketika pengguna berada di lokasi kejadian. Jika pengguna sedang tidak berada di tempat, peringatan kebakaran tidak akan diketahui secara langsung, sehingga langkah penanggulangan tidak dapat segera dilakukan. Hal ini memperbesar risiko terjadinya kebakaran yang sulit dikendalikan dan menimbulkan kerugian lebih besar.

Dengan demikian, jelas diperlukan suatu sistem deteksi kebakaran yang lebih modern, mampu memberikan peringatan dini secara *real-time* meskipun pengguna tidak berada di lokasi, serta dilengkapi dengan mekanisme respon cepat untuk menanggulangi api sejak awal.

Seiring dengan perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT), pemanfaatan perangkat pintar untuk mitigasi bencana semakin meluas. Salah satu perangkat yang sering digunakan adalah mikrokontroler **ESP32**, yang mendukung konektivitas Wi-Fi serta integrasi dengan berbagai sensor. Dengan dukungan sensor api (*Flame Sensor*) dan sensor gas (*MQ-2*), sistem dapat melakukan deteksi lebih akurat terhadap potensi kebakaran.

Selain deteksi, aspek penting lainnya adalah penyampaian informasi secara cepat

kepada pengguna. Pemanfaatan *Telegram Bot API* memungkinkan *notifikasi real-time* yang lebih efektif dibandingkan metode konvensional. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan rancang bangun sistem pendeteksi dan pemadam api berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan *notifikasi Telegram*.

## Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat beberapa permasalahan yang melatarbelakangi perlunya penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Keterlambatan deteksi kebakaran akibat keterbatasan sistem konvensional. Sistem konvensional umumnya hanya menggunakan alarm manual atau sensor tunggal yang akan berbunyi ketika mendeteksi adanya api. Keterbatasan ini menyebabkan peringatan kebakaran sering terlambat diterima, terutama ketika tidak ada orang di lokasi kejadian. Kondisi ini sangat berisiko karena keterlambatan deteksi dapat membuat api berkembang lebih besar dan sulit dikendalikan.
2. Cakupan deteksi terbatas karena hanya menggunakan satu jenis sensor. Sistem deteksi kebakaran konvensional umumnya hanya memanfaatkan sensor asap atau sensor api secara terpisah. Hal ini menimbulkan kelemahan karena tidak semua kebakaran diawali dengan asap yang terdeteksi, atau sebaliknya, tidak semua kondisi api dapat segera terdeteksi oleh sensor api. Dengan demikian, penggunaan satu sensor saja seringkali tidak mampu memberikan informasi yang akurat dan menyeluruh mengenai potensi kebakaran.
3. Tidak adanya *notifikasi real-time* jarak jauh melalui perangkat komunikasi. Pada sistem konvensional, peringatan kebakaran biasanya hanya ditandai dengan bunyi alarm di lokasi. Hal ini tidak efektif ketika penghuni atau pengguna tidak berada di tempat, karena mereka tidak segera mengetahui adanya ancaman kebakaran. Akibatnya, tidak ada langkah cepat yang bisa diambil untuk menanggulangi kondisi darurat tersebut. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem yang mampu mengirimkan peringatan *real-time* jarak jauh melalui perangkat komunikasi seperti *smartphone*.
4. Minimnya integrasi sistem deteksi dengan pemadam otomatis. Sebagian besar sistem deteksi kebakaran hanya berfungsi memberikan peringatan tanpa adanya mekanisme penanggulangan otomatis. Hal ini menyebabkan keterlambatan dalam melakukan pemadaman awal, sehingga api berpotensi

membesar sebelum dilakukan tindakan manual. Dengan adanya integrasi sistem deteksi dengan perangkat pemadam, misalnya pompa air otomatis, proses mitigasi dapat dilakukan lebih cepat dan efektif.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka diperlukan suatu solusi berupa sistem yang mampu mendeteksi kebakaran secara dini, memiliki cakupan deteksi lebih luas melalui kombinasi sensor, memberikan *notifikasi real-time* kepada pengguna jarak jauh, serta terintegrasi dengan mekanisme pemadam otomatis agar dampak kebakaran dapat diminimalisir.

## Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem pendeteksi kebakaran berbasis ESP32 dengan kombinasi sensor api dan gas secara real-time?
2. Bagaimana mengimplementasikan notifikasi otomatis melalui Telegram agar pengguna dapat menerima peringatan dengan cepat?
3. Bagaimana mekanisme kerja sistem pemadam otomatis menggunakan pompa air yang dikendalikan melalui relay?
4. Bagaimana memastikan efektivitas sistem melalui serangkaian pengujian?

## Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan sebuah sistem pendeteksi dan pemadam api berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT) yang dapat memberikan solusi lebih efektif dibandingkan metode konvensional. Secara lebih rinci, tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan sistem pendeteksi kebakaran berbasis ESP32 dengan sensor api dan gas, tujuan ini diarahkan untuk merancang sebuah sistem yang mampu mendeteksi potensi kebakaran secara dini dengan memanfaatkan dua jenis sensor, yaitu *flame* Sensor untuk mendeteksi adanya api dan MQ-2 untuk mendeteksi gas mudah terbakar maupun asap. Kombinasi kedua sensor diharapkan meningkatkan akurasi deteksi dibandingkan hanya menggunakan satu sensor.
2. Membangun sistem *notifikasi real-time* menggunakan Telegram. Tujuan ini difokuskan pada penyediaan sarana komunikasi cepat antara sistem dan pengguna. Melalui integrasi ESP32 dengan Telegram Bot API, sistem dapat mengirimkan

peringatan otomatis secara *real-time*. Dengan demikian, pengguna tetap mendapatkan informasi meskipun tidak berada di lokasi kejadian, sehingga waktu respon terhadap potensi kebakaran dapat lebih singkat.

3. Merancang mekanisme pemadam otomatis menggunakan pompa air. Tujuan ini ditujukan untuk memberikan *respon* langsung terhadap kebakaran yang terdeteksi. Dengan memanfaatkan *relay* sebagai saklar otomatis, ESP32 dapat mengendalikan pompa air yang berfungsi menyemburkan air guna memadamkan api kecil. Mekanisme ini memberikan tindakan awal yang dapat meminimalisir risiko sebelum api menyebar lebih besar.
4. Melakukan pengujian untuk mengevaluasi akurasi sensor, kecepatan notifikasi, dan efektivitas pemadaman, tujuan ini bertujuan untuk memastikan sistem yang dikembangkan dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui sensitivitas dan akurasi sensor dalam mendeteksi api maupun gas, menghitung waktu rata-rata pengiriman notifikasi Telegram, serta menguji kecepatan pompa air dalam memadamkan api. Hasil evaluasi ini menjadi dasar penilaian keberhasilan sistem sekaligus acuan bagi pengembangan lebih lanjut.

Dengan pencapaian keempat tujuan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem deteksi dan pemadaman kebakaran yang tidak hanya bersifat reaktif, tetapi juga proaktif melalui deteksi dini, peringatan cepat, dan *respon* otomatis berbasis IoT.

## Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Akademis: Menambah wawasan dan literatur mengenai penerapan IoT dalam sistem keamanan serta menjadi rujukan penelitian sejenis.
2. Praktis: Memberikan solusi deteksi dini kebakaran yang terjangkau dan mudah diterapkan di rumah, sekolah, kantor, maupun instansi.
3. Bagi peneliti selanjutnya: Menjadi dasar pengembangan sistem serupa dengan penambahan sensor lain, integrasi cloud, atau kecerdasan buatan.

## State of the Art dan Novelty

Penelitian terdahulu lebih banyak berfokus pada sistem deteksi api dengan alarm suara atau *notifikasi* lokal. Beberapa penelitian juga mengintegrasikan sensor gas, namun

belum mengoptimalkan pemanfaatan ESP32 dengan *notifikasi real-time* melalui Telegram dan pemadaman otomatis.

Novelty dari penelitian ini adalah kombinasi sistem deteksi api dan gas berbasis ESP32 dengan aktuator pemadam berupa pompa air serta *notifikasi real-time* menggunakan Telegram. Dengan demikian, sistem yang dirancang mampu memberikan deteksi dini sekaligus *respon* cepat untuk meminimalisir dampak kebakaran.

## 2. METODE PENELITIAN

### Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*development research*) yang bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi dan pemadam api berbasis ESP32 dengan *notifikasi Telegram* [8].

### Metode Pengembangan Sistem

Metode yang digunakan adalah metode *Waterfall* [9], karena memiliki tahapan yang sistematis dan sesuai untuk proyek penelitian dengan alur linear. Tahapan-tahapannya adalah:

1. **Analisis Kebutuhan:** Mengidentifikasi masalah, merumuskan kebutuhan sensor, mikrokontroler, serta sistem komunikasi *notifikasi*.
2. **Perancangan Sistem:** Membuat desain perangkat keras (ESP32, sensor *Flame*, sensor MQ-2, *relay*, pompa air, *buzzer*) dan perangkat lunak (*algoritma* deteksi dan *notifikasi Telegram*).
3. **Implementasi:** Merakit perangkat keras dan mengembangkan program menggunakan Arduino IDE dengan *integrasi Telegram Bot API*.
4. **Pengujian Sistem:** Melakukan simulasi kebakaran untuk mengukur *sensitivitas* sensor, kecepatan *notifikasi*, dan *efektivitas* pemadaman.
5. **Evaluasi dan Dokumentasi:** Membandingkan hasil pengujian dengan teori atau penelitian terdahulu untuk menilai keberhasilan sistem.

### Algoritma Sistem

Algoritma yang digunakan dalam penelitian ini menggambarkan alur kerja sistem pendeteksi dan pemadam api berbasis ESP32 mulai dari tahap deteksi, pemrosesan data, hingga pemberian *respon* berupa *notifikasi* maupun tindakan pemadaman otomatis. Algoritma tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.

Tahapan kerja sistem dijelaskan sebagai berikut:

1. *Inisialisasi Sistem*

ESP32 terlebih dahulu melakukan proses inisialisasi, yaitu mengaktifkan modul *Wi-Fi* untuk koneksi ke jaringan *internet*, melakukan konfigurasi Telegram Bot API, serta menyiapkan pin input dan output yang terhubung ke sensor maupun aktuator.

2. Pembacaan Sensor Api (*Flame Sensor*)

Sensor *flame* berfungsi mendeteksi keberadaan api melalui radiasi inframerah dengan panjang gelombang 760–1100 nm. Sensor ini menghasilkan keluaran logika digital yang kemudian dibaca oleh ESP32. Jika intensitas inframerah meningkat melewati ambang batas, maka sistem mendeteksi adanya api.

3. Pembacaan Sensor Gas (MQ-2)

Sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi adanya gas mudah terbakar seperti LPG, metana, karbon monoksida, maupun asap. Sensor ini menghasilkan nilai analog yang dikonversi menjadi data digital melalui pin ADC pada ESP32. Sistem kemudian membandingkan hasil pembacaan dengan ambang batas yang telah ditentukan.

4. Pemrosesan Data oleh ESP32

Setelah menerima input dari kedua sensor, ESP32 melakukan pengolahan data. Jika sensor *flame* dan MQ-2 sama-sama mendeteksi kebakaran (api dan gas terdeteksi), maka sistem mengkategorikan kondisi tersebut sebagai “darurat”. Jika hanya sensor gas yang aktif, sistem menganggap adanya potensi kebakaran atau kebocoran gas.

5. *Respon Sistem*

- a) Kondisi darurat (api terdeteksi): ESP32 mengaktifkan *relay* yang terhubung ke pompa air untuk menyemprotkan air sebagai pemadam otomatis. Pada saat yang sama, sistem juga mengirimkan *notifikasi real-time* melalui Telegram yang berisi peringatan dan status sensor.
- b) Kondisi gas terdeteksi tanpa api: Sistem tidak mengaktifkan pompa air, namun *buzzer* berbunyi sebagai alarm lokal. *Notifikasi* peringatan gas juga dikirimkan ke Telegram.
- c) Kondisi normal: Tidak ada tindakan yang dilakukan, tetapi sistem terus memantau sensor secara *real-time*.

## 6. Pengiriman *Notifikasi* Telegram

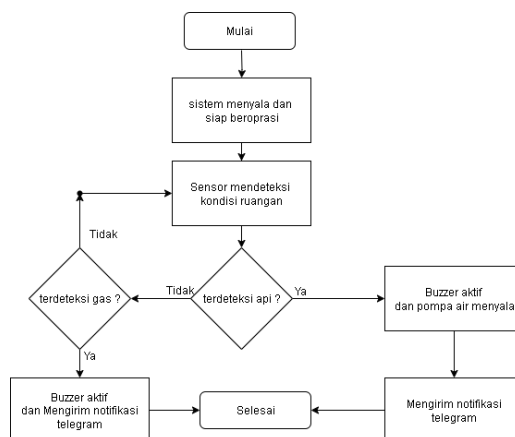
ESP32 yang terhubung ke internet memanfaatkan *Telegram Bot API* untuk mengirimkan pesan kepada pengguna. Pesan berisi status sensor, jenis bahaya yang terdeteksi, serta waktu terjadinya. Dengan demikian, pengguna dapat segera mengetahui kondisi ruangan meskipun berada jauh dari lokasi.

## 7. *Monitoring* dan *Looping*

Seluruh proses di atas dilakukan secara terus-menerus dalam bentuk *looping*. Hal ini memastikan sistem mampu mendeteksi potensi kebakaran secara *real-time* tanpa jeda.

Dengan adanya algoritma ini, sistem mampu melakukan fungsi utama yaitu mendeteksi potensi kebakaran secara cepat, memberikan peringatan dini, serta melakukan tindakan awal pemadaman sebelum api membesar.

*Terlihat pada Gambar 1, alur kerja sistem mulai dari deteksi sensor hingga pengiriman notifikasi dan pemadaman.*



**Gambar 1. Flowchart Sistem Pendeteksi dan Pemadam Api**

## Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan beberapa metode agar data yang diperoleh lebih komprehensif, valid, dan mendukung analisis hasil. Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Studi Pustaka, studi pustaka dilakukan dengan cara mengumpulkan, menelaah, dan menganalisis literatur yang relevan dari berbagai sumber, baik berupa buku, jurnal ilmiah nasional maupun internasional, maupun dokumen resmi terkait *Internet of Things* (IoT), mikrokontroler ESP32, sensor Flame, sensor MQ-2, serta Telegram Bot API. Kegiatan ini bertujuan untuk memperoleh landasan teori yang kuat,

memahami penelitian terdahulu, serta mengidentifikasi keterbatasan yang masih ada sehingga dapat ditemukan celah penelitian (*research gap*). Dengan adanya studi pustaka, penelitian ini dapat dikaitkan dan dibandingkan dengan hasil penelitian sejenis untuk memperkuat novelty yang ditawarkan.

2. *Observasi*, *observasi* dilakukan untuk mengamati kinerja sistem yang telah dirancang pada kondisi nyata. Dalam hal ini, peneliti memantau bagaimana sistem merespon adanya potensi kebakaran melalui indikator sensor, kecepatan pengiriman notifikasi, serta efektivitas pompa air dalam memadamkan api. *Observasi* juga dilakukan untuk mengidentifikasi kendala teknis yang muncul selama pengujian, sehingga dapat dilakukan evaluasi dan perbaikan pada sistem.
3. Eksperimen, eksperimen dilaksanakan dengan cara melakukan serangkaian uji coba langsung terhadap prototipe sistem. Pengujian dilakukan dengan memanfaatkan sumber api kecil seperti lilin dan korek api, serta sumber gas seperti LPG dan asap rokok untuk memverifikasi sensitivitas dan akurasi sensor Flame dan MQ-2. Selain itu, eksperimen juga dilakukan untuk mengukur waktu respon sistem mulai dari deteksi sensor hingga pengiriman notifikasi Telegram serta aktivasi pompa air. Melalui eksperimen ini diperoleh data kuantitatif yang dapat dianalisis secara sistematis.
4. Dokumentasi, teknik dokumentasi digunakan untuk merekam seluruh proses pengujian baik dalam bentuk foto, video, maupun catatan sistem. Dokumentasi berfungsi sebagai bukti pendukung hasil penelitian dan memudahkan peneliti dalam melakukan analisis lebih lanjut. Selain itu, dokumentasi juga bermanfaat sebagai bahan pelaporan yang memperkuat validitas hasil penelitian, sehingga penelitian ini lebih transparan dan dapat dipertanggungjawabkan.

Dengan penerapan keempat teknik pengumpulan data tersebut, penelitian ini diharapkan mampu memperoleh data yang menyeluruh, akurat, dan relevan sehingga hasil yang diperoleh benar-benar dapat menggambarkan kinerja sistem yang dirancang.

## Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Spesifikasi Alat dan Bahan**

| No | Komponen        | Spesifikasi Utama                                    |
|----|-----------------|--|
| 1  | ESP32           | Dual-core, Wi-Fi, Bluetooth, 34 GPIO                 |
| 2  | Sensor Flame    | Jarak deteksi 0–80 cm, panjang gelombang 760–1100 nm |
| 3  | Sensor MQ-2     | Deteksi LPG, metana, CO, asap (200–10.000 ppm)       |
| 4  | Relay 1-Channel | Tegangan kerja 5V DC, output AC 250V/10A             |
| 5  | Pompa Air       | Tegangan 5–12V DC, debit 80–120 L/jam                |
| 6  | Buzzer          | Tegangan 3–5V DC, 85–95 dB                           |

Sebagaimana terlihat pada Tabel 1, setiap komponen memiliki peran penting dalam mendukung sistem pendeteksi dan pemadam api berbasis ESP32.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Perancangan Prototipe**

Penelitian ini menghasilkan prototipe sistem pendeteksi dan pemadam api berbasis ESP32 yang dilengkapi dengan sensor *flame*, sensor MQ-2, *relay*, pompa air mini, *buzzer*, dan integrasi *notifikasi Telegram* [10]. Implementasi perangkat keras ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Prototipe Sistem Pendeteksi dan Pemadam Api**

Sistem yang dirancang dapat mendeteksi adanya api dan gas, kemudian memberikan respon berupa aktivasi pompa air serta pengiriman *notifikasi real-time* melalui aplikasi Telegram.

**Hasil Pengujian Sensor**

Pengujian sensor dilakukan untuk memastikan tingkat sensitivitas dan akurasi deteksi. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Flame dan MQ-2**

| No | Skenario Uji            | Kondisi Terpantau | Respon Sensor                    |
|----|-------------------------|-------------------|----------------------------------|
| 1  | Api kecil (korek/lilin) | Terdeteksi        | Flame = aktif, MQ-2 = naik       |
| 2  | Kebocoran LPG           | Terdeteksi        | MQ-2 = naik, Flame = tidak aktif |
| 3  | Asap rokok              | Terdeteksi        | MQ-2 = naik                      |
| 4  | Kondisi normal          | Tidak terdeteksi  | Flame = normal, MQ-2 = normal    |

Dari Tabel 1 terlihat bahwa kombinasi *Flame* dan MQ-2 meningkatkan akurasi deteksi dibanding penggunaan sensor tunggal.

## Hasil Pengiriman Notifikasi Telegram

Setiap kali sensor mendeteksi api atau gas, ESP32 memproses data dan mengirimkan peringatan melalui Telegram. Waktu rata-rata pengiriman notifikasi adalah < 3 detik. Contoh notifikasi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Notifikasi Telegram yang Dikirimkan Sistem

## Hasil Pengujian Pompa Air dan Buzzer

Pengujian aktuator dilakukan untuk memastikan efektivitas pemadaman awal. Ketika sensor *flame* mendeteksi api, pompa air aktif dan mampu memadamkan nyala lilin dalam waktu < 5 detik. Pada kondisi gas tanpa api, *buzzer* berbunyi sebagai peringatan tanpa mengaktifkan pompa air.

## Analisis Data

Waktu respon sistem dari deteksi hingga pengiriman notifikasi dapat dirumuskan sebagai:

$$t_{respon} = t_{sensor} + t_{proses} + t_{notifikasit}$$

$$t_{respon} = t_{sensor} + t_{proses}$$

$$t_{notifikasi} \text{ dengan:}$$

1.  $t_{respon}$  = total waktu respon (detik)
2.  $t_{sensor}$  = waktu deteksi sensor (detik)
3.  $t_{proses}$  = waktu pemrosesan oleh ESP32 (detik)
4.  $t_{notifikasi}$  = waktu pengiriman pesan Telegram (detik)

5. Persamaan (1) digunakan untuk menganalisis kinerja sistem dari setiap skenario uji.

Hasil pengukuran menunjukkan nilai rata-rata respon = 2.8t  $\{respon\}$  = 2.8 respon = 2.8 detik, hal ini membuktikan sistem bekerja secara real-time sesuai kebutuhan mitigasi kebakaran.

## Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

Sistem dapat mendeteksi keberadaan api maupun gas secara akurat menggunakan kombinasi sensor Flame dan MQ-2, Waktu pengiriman notifikasi melalui Telegram < 3 detik, lebih cepat dibanding metode konvensional berbasis SMS atau alarm manual, pompa air mini efektif memadamkan api kecil, meskipun masih terbatas pada skala laboratorium, Dibandingkan penelitian sebelumnya yang hanya mengandalkan deteksi atau alarm suara, penelitian ini menawarkan *novelty* berupa integrasi *notifikasi real-time dan* pemadaman otomatis berbasis IoT.

Dengan demikian, sistem ini terbukti mampu memberikan peringatan dini dan tindakan cepat dalam menghadapi potensi kebakaran, sehingga dapat digunakan sebagai solusi alternatif dalam mitigasi kebakaran pada rumah, sekolah, maupun instansi.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pendeteksi dan pemadam api berbasis ESP32 berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan mengintegrasikan sensor Flame dan MQ-2.
2. Sistem mampu mendeteksi keberadaan api dan gas secara akurat serta memberikan notifikasi real-time melalui Telegram dengan waktu respon rata-rata kurang dari 3 detik.
3. Pompa air mini yang dikendalikan melalui relay terbukti efektif dalam memadamkan api kecil pada skala laboratorium.
4. Dibandingkan sistem konvensional, penelitian ini menawarkan keunggulan berupa integrasi deteksi dini, notifikasi cepat, dan pemadaman otomatis berbasis IoT.

## Saran

Adapun saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah:

1. Menambahkan sensor tambahan seperti sensor suhu atau sensor asap optik untuk meningkatkan akurasi deteksi.
2. Mengintegrasikan sistem dengan penyimpanan berbasis cloud untuk memantau data historis kebakaran.
3. Mengembangkan sistem agar dapat digunakan pada skala lebih besar, misalnya gedung bertingkat atau lingkungan industri.
4. Mengoptimalkan penggunaan energi cadangan (UPS atau baterai) agar sistem tetap berfungsi meskipun listrik padam.
5. Mengintegrasikan teknologi kecerdasan buatan (AI) untuk analisis data sensor dan prediksi potensi kebakaran.

## DAFTAR PUSTAKA

- F. R. Cut Desi Maulida, "RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI DAN PEMADAMAN API BERBASIS NODEMCU ESP32 DENGAN NOTIFIKASI TELEGRAM," *RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI DAN PEMADAMAN API BERBASIS NODEMCU ESP32 DENGAN NOTIFIKASI TELEGRAM*, vol. 8, no. 3047–0498, 2024.
- A. Danu and A. Nugroho, "RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN DINI PERGERAKAN TANAH MENGGUNAKAN MODUL NODEMCU DENGAN MIKROKONTROLER BERBASIS INTERNET OF THING," *Bhinneka Multidisiplin Journal Indonesian Journal of Multidisciplinary Research and Review Bhinneka Multidisiplin Journal*, vol. 1, no. 4, pp. 218–232, 2024, doi: 10.53067/bmj.v1i4.
- P. Ramadhani and J. C. Chandra, "PROTOTIPE SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN BERBASIS TELEGRAM BOT DENGAN SENSOR GAS MQ-2 DAN FLAME NODEMCU," 2024.
- Zaenuar Erfandi, D. Hartanti, and J. Maulindar, "Implementasi Internet of Things (IoT) Untuk Sistem Pemantauan Kebakaran Dini Dengan Notifikasi Telegram dan Alarm," *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 8, no. 1, pp. 86–93, Jan. 2025, doi: 10.29408/jit.v8i1.28248.

- M. Rafli Fasya, M. Masjun Efendi, and L. Delsi Samsumar, "IMPLEMENTASI SISTEM PERINGATAN DINI KEBAKARAN RUMAH BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)," *Journal of Computer Science and Information Technology (JCSIT)*, vol. 1, no. 4, 2024.
- M. Noor Fachry, H. Silmi Syah, J. Teknik Elektro -Politeknik Negeri Malang Jl Soekarno Hatta No, K. Lowokwaru, K. Malang, and J. Timur, "RANCANG BANGUN SISTEM PEMADAM KEBAKARAN BERBASIS INTERNET OF THINGS," vol. 16, no. 2656–5676, 2021.
- R. B. Nurrohim Oktaf Kharisma Harris Simaremare Ewi Ismaredah, P. Studi Teknik Elektro, F. Sains dan Teknologi Program Studi Teknik Elektro, F. Sains dan Teknologi UIN Sultan Syarif Kasim Riau UIN Sultan Syarif Kasim Riau UIN Sultan Syarif Kasim Riau UIN Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru, and R. Pekanbaru, "Autonomus Call System Berbasis ESP32 Untuk Peringatan Dini Kebakaran Rumah," 2023.
- Z. Rahman Ritonga, "RANCANG BANGUN SISTEM PEMADAM KEBAKARAN DAN NOTIFIKASI OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)," *JURNAL COMASIE*, 2023.
- D. Wahjudi *et al.*, "Prototype Sistem Deteksi Dini Kebakaran Rumah Menggunakan Flame Sensor Dengan Notifikasi Telegram Melalui Thinger.IO," 2024.
- T. Ardiyanto, C. Supriadi, and U. Sains dan Teknologi Komputer Jl, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Deteksi Dini Kebakaran Ruang Server Berbasis Iot," 2024. [Online]. Available: <http://ejurnal.provisi.ac.id/index.php/JUI SI>