

SISTEM DETEKSI KEBAKARAN BERBASIS IOT DENGAN MIKROKONTROLER ESP32

Malvin Valerian Gultom^{1*}, Irfan Sriyono Putro²

^{1,2}Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS. Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361, Telp. (0267) 641177.

Received: 17 Februari 2025

Accepted: 26 Maret 2025

Published: 14 April 2025

Keywords:

Kebakaran; Internet of Things; ESP32.

Correspondent Email:

malvinval09@gmail.com

Abstrak. Kebakaran merupakan bencana yang dapat membahayakan manusia dan lingkungan, serta sulit untuk dikendalikan. Seringkali, keterlambatan dalam penanganan kebakaran disebabkan oleh kurangnya informasi yang cepat dan akurat. Dalam penelitian ini, dirancang sebuah sistem pendeteksi kebakaran berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 yang dapat memberikan notifikasi kebakaran secara otomatis melalui Google Mail. Sistem ini terdiri dari sensor api dan suhu yang terhubung dengan ESP32 untuk mendeteksi kebakaran secara dini, kemudian mengirimkan notifikasi kepada pemilik sistem melalui email. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan pemantauan history kebakaran yang dapat diakses melalui website. Tujuan dari perancangan sistem ini adalah untuk meningkatkan kecepatan respon terhadap kebakaran dan meminimalkan kerugian akibat bencana tersebut dengan pemberitahuan yang cepat dan akurat. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat meningkatkan kewaspadaan masyarakat dan mengurangi risiko kebakaran di kawasan pemukiman maupun bangunan umum.

Abstract. Wildfire is a disaster that can harm people and the environment, and is difficult to control. Often, delays in handling fires are caused by the lack of fast and accurate information. In this research, an Internet of Things (IoT)-based fire detection system using ESP32 is designed that can provide automatic fire notifications via Google Mail. This system consists of fire and temperature sensors connected to ESP32 to detect fires early, then send notifications to the system owner via email. In addition, this system is also equipped with fire history monitoring that can be accessed through the website application. The purpose of designing this system is to increase the speed of response to fires and minimize losses due to these disasters with fast and accurate notifications. With this system, it is expected to increase public awareness and reduce the risk of fire in residential areas and public buildings.

1. PENDAHULUAN

Kebakaran dapat dianggap sebagai sebuah musibah yang berbahaya karena sifatnya yang membahayakan masyarakat dan lingkungan, serta sulit untuk dikendalikan. Kebakaran merupakan suatu insiden yang dapat terjadi di berbagai tempat seperti hutan, gedung, dan perumahan sehingga sangat mengganggu kelangsungan hidup dan membahayakan manusia. Ada banyak hal yang menyebabkan kebakaran seperti kebocoran gas, puntung

rokok yang dibuang sembarangan, masalah listrik, dan sebagainya, yang berpotensi menimbulkan kebakaran dengan skala yang lebih besar [1]. Selain faktor-faktor manusia, kebakaran juga bisa terjadi akibat faktor alam, seperti petir, letusan gunung api, kekeringan, dan lain sebagainya. Dengan jumlah penduduk yang sangat besar terutama di kawasan padat penduduk, risiko kebakaran semakin meningkat [2]. Selain itu, Indonesia memiliki hutan yang luas dan lebat. Menurut data dari Kepolisian RI

(Polri), tercatat 5.336 kejadian kebakaran terjadi dari Mei 2018 hingga Juli 2023. Dari angka tersebut, sekitar 24,79% atau sebanyak 1.323 kejadian terjadi hanya pada tahun 2023 [3].

Keterlambatan kehadiran satuan pemadam kebakaran adalah salah satu masalah yang selama ini sering terjadi di lokasi kebakaran [4]. Keterlambatan datangnya petugas kebakaran disebabkan keterlambatan informasi yang diterima oleh petugas dari warga yang mengalami kebakaran. Salah satu contoh, di Kabupaten Demak, Kecamatan Karangawen, pernah terjadi peristiwa kebakaran yang berlokasi di pasar Brambang Karangawen pada Kamis, 20 Januari 2022. Berdasarkan informasi dari salah satu pelapor, Saifudin, kobaran api berasal dari bagian belakang pasar yang membakar kawasan pasar Brambang dan api cepat membesar [1]. Karena itu, petugas pemadam kebakaran mengirimkan mobil pemadam ke lokasi kejadian guna memadamkan api.

Adanya peran peralatan cerdas sangat diperlukan di suatu tempat kediaman untuk pribadi maupun umum guna memberitahukan kepada kita adanya kebakaran yang mengandung berbagai potensi yang sangat berbahaya bagi kehidupan manusia [5]. Perkembangan bidang telekomunikasi dan teknologi sekarang ini dapat sangat memberikan berdampak besar dalam membantu aktivitas kehidupan manusia sehari-hari. Semakin bertambahnya penemuan-penemuan modern dan canggih dapat menjadi bukti atas hal tersebut, dan tingkat kebutuhan manusia terhadap teknologi terus mengalami peningkatan [6].

Sistem penyampaian informasi dan deteksi kebakaran secara otomatis dapat mengatasi adanya musibah kebakaran. Dalam proyek ini direalisasikan alat pendeteksi kebakaran otomatis sekaligus alat pengirim informasi berupa notifikasi terjadinya kebakaran ke alamat email pemilik sistem, sekaligus sistem pemantauan *history* kebakaran berbasis *website*. Dengan adanya alat ini diharapkan mampu memberikan pengiriman informasi dan penanganan pertama kebakaran dengan tepat dan cepat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

ESP32 adalah sebuah mikrokontroler yang dirancang oleh perusahaan bernama Espressif Systems yang berbasis di Shanghai, China. ESP32 menawarkan solusi jaringan WiFi yang mandiri sebagai jembatan dari mikrokontroler yang ada ke jaringan WiFi [7]. ESP32 memiliki spesifikasi pada **Tabel 1.**:

Table 1. Spesifikasi ESP32

Atribut	Detail
Tegangan operasional (<i>Operating Voltage</i>)	3.3V
Tegangan masukan (<i>Input voltage</i>)	7-12V (Vin)
<i>Pin Input/Output Digital</i> (DIO)	25
<i>Pin Masukan Analog</i> (Konverter <i>Analog</i> ke <i>Digital</i>) (ADC)	6
<i>Pin Keluaran Analog</i> (Konverter <i>Digital</i> ke <i>Analog</i>) (DAC)	2
<i>Universal Asynchronous Receiver Transmitter</i> (UART)	3
<i>Inter-Integrated Circuit</i> (I2C)	3
<i>Flash Memory</i>	4 MB
<i>Static Random Access Memory</i> (SRAM)	520 KB
Kecepatan Jam (<i>Clock Speed</i>)	240 Mhz
<i>Wireless Fidelity</i> (Wi-Fi)	-
<i>Supported mode</i>	AP, STA, AP+STA
<i>Universal Serial Bus</i> (USB) <i>driver</i>	CH9102 USB driver/ CH340
<i>Serial Peripheral Interface</i> (SPI)	2

Wildfire Detection (pendeteksi kebakaran) adalah salah satu inovasi dalam bidang *Internet of Things* (IoT) yang berfokus pada peringatan dan pencegahan dini musibah kebakaran melalui sebuah sensor. Untuk peringatan kebakaran secara lokal (lokasi sensor diletakkan), alat pendeteksi kebakaran ini juga dilengkapi dengan komponen elektronik yang menghasilkan suara atau bip ketika sensor api mendeteksi adanya api. Selain itu, teknologi

wildfire detection ini juga dilengkapi dengan sistem pengiriman notifikasi via *online* untuk penggunaanya ketika ada api yang terdeteksi.

Pendeteksi titik api (*IR Infrared Flame Detection Sensor*) untuk mendeteksi adanya kebakaran dengan mendeteksi sumber api tersebut [8]. Sensor ini merupakan sensor dengan panjang gelombang antara 760 nm sampai dengan 1100 nm dan besar sudut pembacaan pada 60° yang mempunyai fungsi sebagai pendeteksi sumber cahaya dan nyala api [9]. Secara singkat kerja sensor ini yaitu dengan mengidentifikasi atau mendeteksi nyala api dengan menggunakan metode optik. Pada sensor ini menggunakan transduser sebagai *sensing* sensor yang berupa infra merah. Transduser mampu membedakan antara spektrum cahaya lampu dengan spektrum cahaya lainnya seperti pada api sehingga alat ini cocok digunakan untuk mendeteksi penyerapan cahaya pada panjang gelombang tertentu [10].

Buzzer adalah sebuah komponen elektronik yang digunakan untuk mengeluarkan bunyi sirine (*bip*) sebagai indikator pemberitahuan adanya kebakaran di sekitar tempat sensor diletakkan [7].

Google Mail adalah layanan *e-mail* (pesan elektronik) yang ditawarkan oleh perusahaan Google yang memungkinkan pengguna untuk berkirim pesan, mengatur kotak masuk, dan memantau email.

Formspree adalah layanan *back-end* yang menangani pemrosesan dan penyimpanan formulir, yang memungkinkan pengembang untuk menyertakan formulir di situs *web* mereka tanpa menulis kode atau fungsi di sisi *server*.

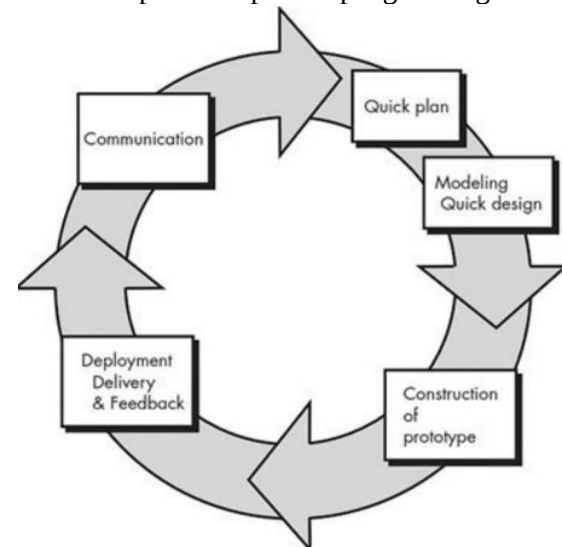
Website atau laman web adalah kumpulan halaman-halaman yang dapat diakses melalui Internet. Seperti namanya, aplikasi berbasis *website* adalah sebuah aplikasi yang berjalan pada sebuah peramban *web*. Menurut Odion dkk. (2023), Aplikasi *web* mengacu pada platform standar yang digunakan untuk menyajikan dan memproses data dan layanan melalui *World Wide Web* [11].

Framework adalah suatu struktur konseptual dasar yang digunakan untuk menangani atau memecahkan masalah yang kompleks. Singkatnya, *framework* merupakan kerangka kerja atau wadah dari sebuah aplikasi yang akan dibangun. Dengan adanya *framework*, pembuatan dan perbaikan aplikasi dapat

menjadi lebih singkat dan mudah. Salah satu *framework* yang banyak digunakan oleh pengembang aplikasi adalah Laravel, sebuah *framework open source* berbasis PHP yang menerapkan *arsitektur Model-View-Controller (MVC)* [11].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Prototype*, yang merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam pengembangan sistem. Metode *Prototype* dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengembangkan prototipe sistem dengan cepat dan melibatkan pengguna dalam setiap tahapan, sehingga dapat menerima umpan balik secara langsung dan melakukan perbaikan atau penyesuaian sesuai kebutuhan [12]. Metode ini juga efektif dalam menggali kebutuhan yang belum sepenuhnya dipahami sejak awal, sehingga meminimalisir kesalahan pada tahap akhir pengembangan.



Gambar 1. Tahapan Metode *Prototype*

- 1) **Communication:** Pada tahap ini, peneliti berfokus untuk mengumpulkan informasi yang mendalam mengenai kebutuhan sistem dari pengguna. Karena penelitian ini dilakukan secara independen, peneliti berperan langsung dalam menentukan spesifikasi yang sesuai dengan tujuan sistem, yaitu sistem pendeteksi kebakaran.
- 2) **Quick Plan:** Tahap Quick Plan mencakup perencanaan yang rinci untuk pengembangan prototipe. Peneliti menyusun jadwal pengerjaan, menentukan perangkat keras yang akan digunakan seperti ESP32, *buzzer*, sensor api infra merah, serta

perangkat lunak untuk pengembangan aplikasi menggunakan kerangka kerja Laravel. Selain itu, peneliti merencanakan tahapan pengujian dan evaluasi awal untuk memastikan bahwa pengembangan prototipe berjalan sesuai rencana.

- 3) **Modelling Quick Design:** Pada tahapan *Modelling Quick Design*, peneliti membuat desain sistem secara menyeluruh untuk memastikan bahwa semua kebutuhan pengguna terakomodasi dengan baik dalam purwarupa yang akan dikembangkan.
- 4) **Construction of Prototype:** Tahap *Construction of Prototype* melibatkan pembuatan prototipe sistem berdasarkan desain awal. Peneliti merakit komponen perangkat keras yang telah ditentukan, termasuk ESP32, *buzzer*, dan sensor api infra merah. Peneliti juga mengembangkan aplikasi sederhana berbasis *website* menggunakan Laravel untuk membaca data histori data kebakaran yang terjadi. Setelah *prototype* selesai, peneliti melakukan uji coba untuk memastikan bahwa semua fungsi dasar sistem berjalan sesuai harapan.
- 5) **Deployment, Delivery & Feedback:** Pada tahap *Deployment, Delivery & Feedback*, prototipe yang telah dibangun diuji secara menyeluruh. Peneliti mengumpulkan umpan balik dari pengujian untuk mengevaluasi kinerja sistem secara keseluruhan. Uji coba dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat mendeteksi kebakaran, memberikan peringatan kebakaran pada lokasi sensor, dan mengirimkan notifikasi dengan layanan *Google Mail*. Umpan balik yang diperoleh digunakan untuk melakukan perbaikan dan penyempurnaan sistem sebelum menjadi sistem yang siap digunakan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan penelitian ini di paparkan mengikuti rancangan penelitian sebelumnya.

4.1. Communication

Pada tahapan ini, peneliti berfokus untuk mengumpulkan informasi yang mendalam mengenai kebutuhan sistem dari pengguna. Peneliti melakukan identifikasi kebutuhan sistem dan merumuskan spesifikasi yang akan membentuk dasar dari pengembangan prototipe sistem. Sebagai penelitian yang dilakukan

secara independen, peneliti berperan langsung dalam menentukan spesifikasi yang sesuai dengan tujuan sistem, yaitu sistem pendeteksi kebakaran berbasis IoT yang menggunakan ESP32 dan aplikasi *web* menggunakan Laravel.

Tabel 2. Kebutuhan Pengguna

Kebutuhan Pengguna	Deskripsi
Sistem Pendeteksi Api	Pengguna membutuhkan sistem yang dapat mendeteksi keberadaan api.
Notifikasi <i>Real-Time</i>	Pengguna ingin menerima notifikasi secara <i>real-time</i> ketika ada api yang terdeteksi.
Sistem Peringatan di Lokasi Kebakaran	Pengguna ingin menerima suara peringatan di tempat api ditemukan oleh sistem.
Data <i>History</i> Kebakaran	Pengguna ingin melihat <i>history</i> kebakaran yang terdeteksi oleh sistem dalam bentuk <i>website</i> .
Sistem Mudah Digunakan	Pengguna menginginkan sistem yang mudah digunakan, baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak.

4.2. Quick Plan

Pada tahapan *Quick Plan*, peneliti merancang perencanaan awal untuk pengembangan prototipe sistem. Proses ini meliputi pemilihan komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan, serta merencanakan tahapan pengujian dan evaluasi awal untuk memastikan bahwa pengembangan prototipe berjalan sesuai dengan tujuan sistem yang telah ditetapkan sebagaimana dijabarkan pada **Tabel 3**.

Table 3. Komponen Sistem

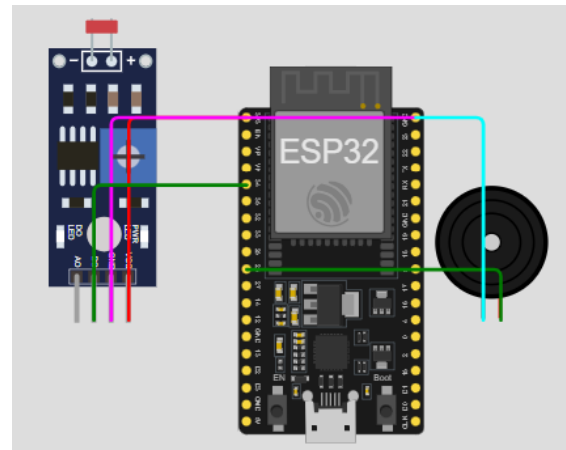
Komponen	Deskripsi
----------	-----------

ESP32	Mikrokontroler utama yang akan mengontrol seluruh sistem.
IR Infrared Flame Detection Sensor	Digunakan untuk mendeteksi adanya kebakaran dengan mendeteksi sumber api.
Buzzer	Digunakan untuk mengeluarkan bunyi sirine (bip) sebagai indikator pemberitahu adanya api di sekitar tempat sensor diletakkan.
Website Laravel	Digunakan untuk membaca informasi <i>history</i> kebakaran yang terjadi dan terdeteksi oleh sistem.
Kabel Jumper	Digunakan untuk menghubungkan dua komponen tanpa menggunakan solder
Formspre	Digunakan untuk mengirimkan <i>e-mail</i> ke pengguna apabila api terdeteksi oleh sistem.
Ngrok	Digunakan untuk <i>deployment website</i> guna melakukan pengujian sistem.
Arduino IDE	Digunakan untuk pemrograman ESP32 dalam mengontrol sistem dan mengelola komunikasi antara perangkat keras dan aplikasi <i>website</i> .

4.3. Modeling Quick Design

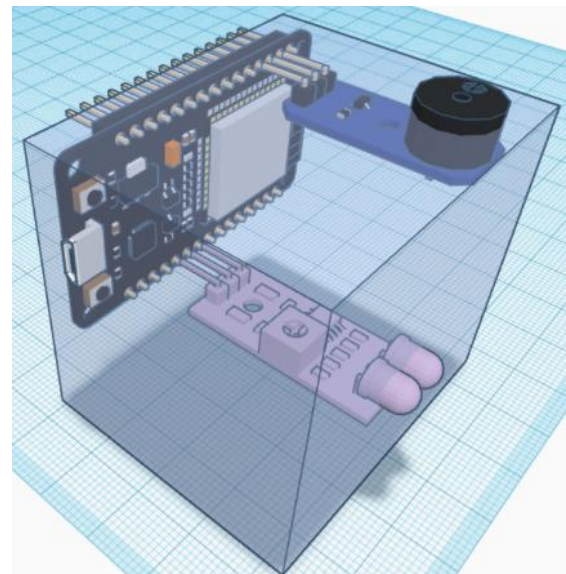
Pada tahap *Modelling Quick Design*, peneliti menyusun desain sistem secara menyeluruh untuk memastikan bahwa semua kebutuhan pengguna dapat terakomodasi dalam purwarupa yang akan dikembangkan.

Peneliti telah menyusun desain rangkaian antar komponen perangkat keras yang akan digunakan dalam sistem seperti pada Gambar 2. Gambar desain ini menggambarkan cara masing-masing komponen terhubung dengan ESP32 sebagai pengontrol utama, serta bagaimana data dan sinyal akan mengalir melalui sistem.

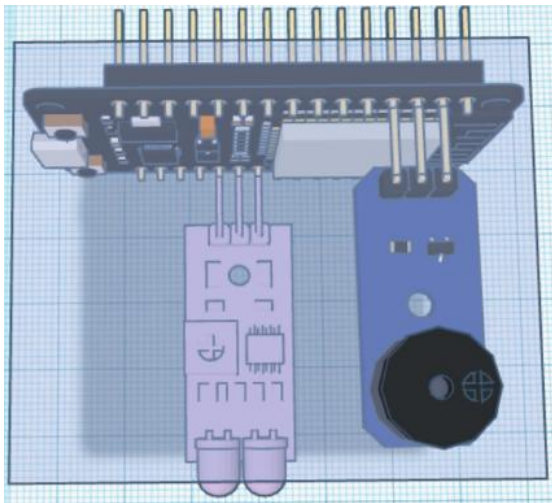


Gambar 2. Desain Rangkaian Komponen

Peneliti juga telah membuat desain 3D untuk prototipe sistem pendeteksi kebakaran pada **Gambar 3.** dan **Gambar 4.**, yang menunjukkan tampilan fisik alat dengan semua komponen terpasang secara bersama-sama. Desain 3D ini memberikan gambaran lebih jelas mengenai tata letak perangkat keras dan kemudahan penggunaannya.



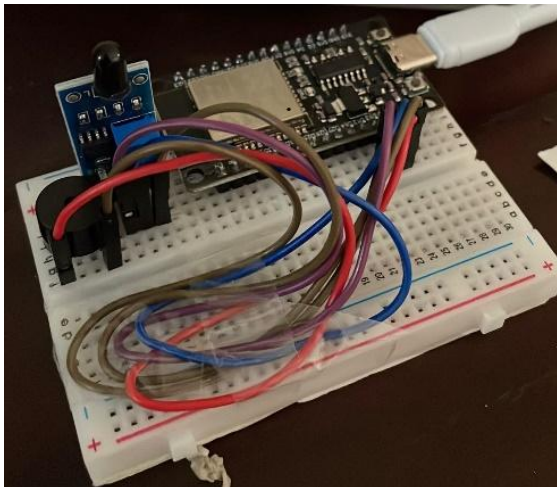
Gambar 3. Desain 3D Komponen



Gambar 4. Desain 3D Komponen (Lanjutan)

4.4. *Construction of Prototype*

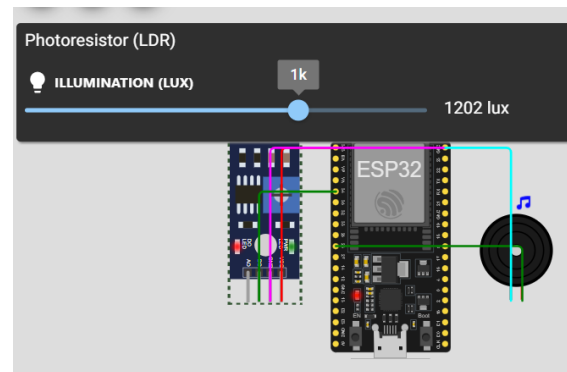
Pada tahap *Construction of Prototype*, peneliti memulai proses penerapan ide desain ke dalam versi awal produk akhir perangkat IoT. Hasil dari implementasi proses ini dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Implementasi Rancangan Sistem

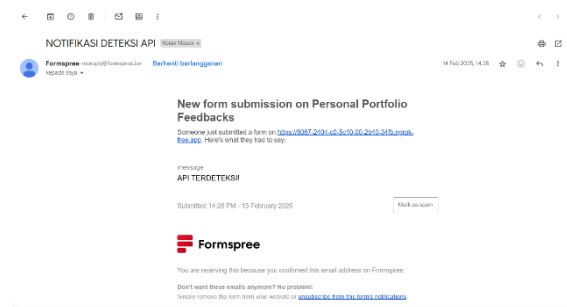
4.5. *Deployment Delivery and Feedback*

Setelah proses implementasi selesai, peneliti melakukan *deployment* dan pengujian sistem guna memastikan sistem dapat bekerja dengan baik sesuai harapan. Peneliti melakukan *deployment* sistem menggunakan layanan gratis bernama ngrok. Hasil menunjukkan bahwa ketika api terdeteksi, maka buzzer berbunyi dan mengirimkan notifikasi via *email*. Simulasi api pada Wokwi menggunakan nilai Illumination (LUX) sebesar 1.202. Hasil pengujian buzzer dilakukan pada Wokwi dan dapat dilihat hasilnya pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Hasil Pengujian Sistem

Untuk hasil pengujian pengiriman notifikasi via *e-mail*, dilakukan dengan menggunakan *hardware* nyata, dan menunjukkan bahwa sistem berhasil mengirimkan notifikasi kebakaran sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 7**. dan **Gambar 8**.



Gambar 7. Notifikasi Kebakaran

New form submission on Personal Portfolio Feedbacks

Someone just submitted a form on <https://8067-2404-c0-5c10-00-2b40-34fb.ngrok-free.app>. Here's what they had to say:

message

API TERDETEKSI!

Submitted 14:28 PM - 13 February 2025

Mark as spam



You are receiving this because you confirmed this email address on Formspre.

Don't want these emails anymore? No problem!

Simply remove the form from your website or [unsubscribe from this form's notifications](#).

Gambar 8. Notifikasi Kebakaran (Lanjutan)

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan implementasi sistem pendeteksi kebakaran berbasis IoT dengan menggunakan ESP32, dapat disimpulkan bahwa sistem ini berhasil bekerja dengan baik dalam mendeteksi kebakaran dan memberikan respons yang cepat.

Begitu api terdeteksi, sistem dapat mengaktifkan buzzer sebagai peringatan, mengirimkan notifikasi kebakaran melalui email kepada pemilik sistem, serta mengirimkan data deteksi ke API untuk dicatat dalam database. Selain itu, sistem ini juga dapat menampilkan riwayat deteksi kebakaran secara real-time di website, memberikan kemudahan dalam pemantauan kejadian kebakaran yang telah terjadi sebelumnya.

Sistem ini terbukti efektif dalam meningkatkan kewaspadaan terhadap potensi kebakaran, mempercepat pemberian informasi kepada pihak terkait, dan meminimalkan kerugian akibat kebakaran.

Secara keseluruhan, sistem ini memiliki potensi besar untuk diterapkan di berbagai lingkungan yang berisiko tinggi terhadap kebakaran, seperti kawasan pemukiman padat penduduk, gedung komersial, dan fasilitas umum lainnya, guna meningkatkan respons dan keselamatan bagi penghuninya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Rasa terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah memberi kontribusi dan bantuan terhadap penelitian ini dalam berbagai bentuk, sehingga penelitian ini mapu terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ainun Najib, A. Syuhada, W. Dika Irfianto, P. Studi Sistem Komputer, and U. Sains dan Teknologi Komputer, "SISTEM PENDETEKSI BENCANA KEBAKARAN MENGGUNAKAN ESP32 DAN ARDUINO BERBASIS WEB," vol. 14, no. 2, pp. 384–394, 2023, [Online]. Available: <http://ejurnal.provisi.ac.id/index.php/JTIKP> page384
- [2] E. Setyawan, U. Chotijah, and H. Dwi Bhakti, "METODE FUZZY SUGENO DAN INTERNET OF THINGS (IOT)," *INDEXIA: Informatic and Computational Intelegent Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 2021.
- [3] M. R. Adhim *et al.*, "Faktor-Faktor yang Berpengaruh terhadap Kelelahan Kerja pada Petugas Pemadam Kebakaran: Tinjauan Pustaka," *Medula*, vol. 14, no. 9, Sep. 2024.
- [4] Saifullana and Simatupang J., "SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN RUMAH TERINTEGRASI SMARTPHONE DAN APLIKASI ONLINE," vol. 6, no. 2, 2021.
- [5] M. Noor Fachry and H. Silmi Syah, "RANCANG BANGUN SISTEM PEMADAM KEBAKARAN BERBASIS INTERNET OF THINGS".
- [6] B. Kusumo and T. Ardiansyah, "RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN BERBASIS MIKROKONTROLER ESP32," *Jurnal Elektro*, vol. 12, no. 1, 2024.
- [7] M. P. Maulana, "PENGEMBANGAN SISTEM PERINGATAN DINI KEBOCORAN GAS LPG UNTUK PENINGKATAN KEAMANAN RUMAH TANGGA BERBASIS ESP32," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, Aug. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4818.
- [8] O. E. Yudhistira and I. Suharjo, "PROTOTYPE PENDETEKSI KEBAKARAN MULTIRUANG MENGGUNAKAN NODE MCU ESP8266 DENGAN NOTIFIKASI BOT TELEGRAM," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5992.
- [9] M. Selvia Laurin and D. Wahyu Wibowo, "PROTOTYPE AKSES GEDUNG PERPUSTAKAAN DILENGKAPI SISTEM PERINGATAN DINI KEBAKARAN BERBASIS INTERNET OF THINGS," vol. 9, no. 2, 2022.
- [10] Wijaya A., Ikhsan R., and Sugianto E., "Analisis Perbandingan Kinerja Antara Sensor Api Flame 5 Channel Dengan Sensor Asap MQ2 Masesa Angga Wijaya, Rokhmat Nur Ikhsan, Egi Sugianto," *Bulletin of Information Technology (BIT)*, vol. 3, no. 3, pp. 231–238, 2022, doi: 10.47065/bit.v3i1.
- [11] M. Zawaruddin Abdullah, M. Astiningrum, Y. Ariyanto, D. Puspitasari, and A. Nurul Asri, "Rancang Bangun Sistem Informasi Akuntansi Berbasis Website menggunakan Framework Laravel (Studi kasus pada UKM Batik dan Bordir Desa Pakisaji Kabupaten Malang)," *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 18, no. 1, pp. 49–56, 2020.
- [12] R. Pramudita and K. Setyawan, "Sistem Smart Class Berbasis Internet Of Things Dengan Menggunakan Metode Prototype," *SMARTICS Journal*, vol. 8, no. 1, 2022, doi: 10.21067/smartics.v8i1.7209.