

PURWARUPA SISTEM PERINGATAN DINI KEBAKARAN BERBASIS *INTERNET OF THINGS* MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP8266

Ahmad Fitriansyah¹⁾, Izzul Islam²⁾, Christine Sientta Dewi³⁾

^{1,2}Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi, ITB Swadharma

³Prodi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi, ITB Swadharma

Correspondence author: A Fitriansyah, ahmad.fitriansyah@swadharma.ac.id, Jakarta, Indonesia

Abstract

Fire is a common disaster that can significantly impact human safety, damage infrastructure, and disrupt organizational activities. Delays in responding to fires can lead to greater losses. This research aims to design and build a Prototype Internet of Things (IoT)-based fire early detection system using the ESP8266 microcontroller. The research method used in this study is the Research and Development (R&D) approach, comprising research, development, testing, and evaluation stages. The research resulted in a system designed using a DHT22 temperature and humidity sensor and a flame sensor to detect potential fires in real time. When the sensor detects extreme temperatures or a fire, the system automatically activates a buzzer as a local alert and sends a notification to the user via a Telegram bot. Testing was conducted at SMK YP IPPI Petojo. Test results showed that the system can detect potential fires with high accuracy, respond quickly, and provide warnings promptly. This Prototype is expected to be a practical, affordable, and efficient solution for early fire hazard mitigation efforts, especially in schools and other public spaces that have limited fire safety systems.

Keyword : *Prototype, early warning, fire, Internet of Things*

Abstrak

Kebakaran merupakan salah satu bencana yang sering terjadi dan dapat menimbulkan dampak yang signifikan terhadap keselamatan jiwa, kerusakan infrastruktur, serta gangguan terhadap aktivitas organisasi. Keterlambatan dalam merespons kebakaran dapat menyebabkan kerugian yang lebih besar. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah Prototipe sistem deteksi dini kebakaran berbasis *Internet of Things* (IoT) yang menggunakan mikrokontroler ESP8266. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode Research and Development (R&D) yang terdiri dari tahap research, development, testing & evaluation. Penelitian menghasilkan sistem yang dirancang menggunakan sensor suhu dan kelembaban DHT22 serta *flame sensor* untuk mendeteksi potensi kebakaran secara *real-time*. Ketika sensor mendeteksi suhu ekstrem atau keberadaan api, sistem secara otomatis akan mengaktifkan *buzzer* sebagai peringatan lokal dan mengirimkan notifikasi ke pengguna melalui bot Telegram. Pengujian dilakukan di lingkungan SMK YP IPPI Petojo. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi potensi kebakaran dengan akurasi yang baik, merespons dalam waktu singkat, dan memberikan

informasi peringatan secara cepat. Purwarupa ini diharapkan dapat menjadi solusi praktis, terjangkau, dan efisien dalam upaya mitigasi dini terhadap bahaya kebakaran, khususnya di lingkungan sekolah dan ruang publik lainnya yang memiliki keterbatasan dalam sistem keamanan kebakaran.

Kata Kunci : purwarupa, peringatan dini, kebakaran, *Internet of Things*

A. PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan salah satu bencana yang dapat terjadi kapan saja dan di mana saja, termasuk di lingkungan pendidikan seperti sekolah. Dampak dari kebakaran tidak hanya mencakup kerusakan fisik terhadap bangunan dan aset, tetapi juga dapat mengancam keselamatan jiwa manusia, khususnya siswa, guru, dan staf sekolah (Ahmed & Saad, 2024). Dalam banyak kasus, keterlambatan dalam mendeteksi dan merespons kebakaran menjadi penyebab utama tingginya tingkat kerugian yang ditimbulkan (Elhanashi et al., 2025).

Berdasarkan observasi yang dilakukan di SMK YP IPPI PETOJO, diketahui bahwa sekolah tersebut belum memiliki sistem deteksi kebakaran dini yang terpasang di dalam gedung. Hal ini tentu menjadi perhatian serius, mengingat aktivitas pembelajaran di sekolah melibatkan banyak orang dan perangkat elektronik yang berpotensi menimbulkan kebakaran. Ketidadaan sistem deteksi kebakaran dini dapat memperbesar risiko keterlambatan penanganan apabila terjadi insiden, yang pada akhirnya dapat berdampak fatal (Khan et al., 2022).

Seiring berkembangnya teknologi, khususnya dalam bidang *Internet of Things* (IoT), kini dimungkinkan untuk membangun sistem deteksi kebakaran yang lebih efektif, efisien, dan dapat dipantau secara jarak jauh (Li et al., 2022). *Internet of Things* adalah konsep di mana perangkat-perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet untuk saling bertukar data secara *real-time*. Dengan teknologi ini, sistem deteksi kebakaran tidak hanya memberikan

peringatan lokal menggunakan *buzzer*, tetapi juga dapat mengirimkan notifikasi secara langsung ke perangkat *mobile* melalui aplikasi media sosial seperti Telegram, sehingga pihak terkait dapat segera mengetahui dan merespons kondisi darurat meskipun sedang tidak berada di lokasi (Swetha et al., 2026).

Penelitian terdahulu berperan penting dalam merancang sistem yang diusulkan. Studi sebelumnya memberikan dasar pemikiran serta pembandingan terhadap teknologi dan metode yang diterapkan dalam pengembangan sistem peringatan dini kebakaran yang akan dibuat. Salah satu penelitian yang relevan dilakukan oleh (Salindeho & Wellem, 2023) yang merancang sistem pendeteksi api berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendali dan sensor api berbasis inframerah (phototransistor YG1006) sebagai alat pendeteksi nyala api. Sistem yang dirancang mampu mendeteksi radiasi cahaya dari nyala api hingga jarak maksimal 50 cm. Ketika nyala api terdeteksi, sistem secara otomatis mengaktifkan *buzzer* sebagai alarm lokal dan mengirimkan notifikasi peringatan melalui dua media, yaitu Telegram dan email. Selain itu, sistem ini terhubung ke platform Thingier.io, yang memungkinkan pengguna untuk memantau status lingkungan secara *real-time* dari jarak jauh. Penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi antara sensor api dan teknologi IoT dapat membentuk sistem peringatan dini yang efektif, meskipun masih terbatas pada jangkauan deteksi dan belum mencakup parameter lain seperti asap atau suhu.

Penelitian yang dilakukan oleh (Asronika et al., 2024) yang merancang dan

mengimplementasikan sistem pendeteksi kebakaran ruangan dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan aplikasi Blynk App pada *smartphone* Android. Sistem menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama serta dilengkapi dengan beberapa sensor, seperti sensor api KY-026, sensor asap MQ-2, dan sensor suhu DHT11, yang bekerja secara bersamaan untuk memantau kondisi lingkungan secara *real-time*. Ketika terdeteksi suhu tinggi, api, atau asap, sistem akan mengaktifkan *buzzer* sebagai alarm lokal, serta mengirimkan notifikasi langsung ke pengguna melalui aplikasi Blynk dan email. Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan respons cepat terhadap kondisi bahaya dan diharapkan dapat menjadi solusi efektif dalam pencegahan dini kebakaran di lingkungan dalam ruangan. Sistem yang dikembangkan juga dinilai cukup efisien dan mudah diakses oleh pengguna karena hanya memerlukan koneksi internet dan *smartphone*. (Astronika et al., 2024).

Penelitian yang dilakukan oleh (Mulyono et al., 2021) yang merancang dan mensimulasikan sistem alarm kebakaran otomatis dengan memanfaatkan dua jenis sensor, yaitu sensor api (*flame sensor*) dan sensor asap (MQ-2), yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno. Sistem ini dirancang untuk memberikan output berupa tampilan pada LCD (LM016L) dan bunyi peringatan dari *buzzer* ketika terdeteksi adanya kebakaran. Pengujian dilakukan melalui software Proteus 8 Professional dengan skenario simulasi yang melibatkan tiga kondisi logika dari masing-masing sensor. Hasil simulasi menunjukkan bahwa ketika hanya satu sensor aktif (baik api maupun asap), sistem akan menampilkan status “*smart home standby*”. Namun, jika kedua sensor mendeteksi secara bersamaan, maka *buzzer* berbunyi dan LCD menampilkan teks “kebakaran”. Sistem ini dinilai efektif sebagai alat edukasi sekaligus representasi kerja sistem deteksi kebakaran

otomatis dengan tingkat keakuratan yang tinggi serta respon cepat terhadap keberadaan asap dan nyala api di suatu ruangan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Abrar et al., 2020) yang merancang dan membangun prototipe sistem pendeteksi kebakaran berbasis IoT yang mampu mendeteksi keberadaan api dan asap secara otomatis dengan notifikasi berupa panggilan darurat (emergency call) dan SMS. Sistem ini menggabungkan penggunaan sensor *flame*, sensor asap MQ-2, dan modul GSM SIM800L, serta dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *flame sensor* mampu mendeteksi api hingga jarak 25 cm, dan MQ-2 mendeteksi asap dengan waktu respon rata-rata mulai dari 1,4 detik (jarak 5 cm) hingga 10,2 detik (jarak 25 cm). Ketika sensor mendeteksi kebakaran, sistem akan mengaktifkan *buzzer* dan mengirim peringatan melalui SIM800L berupa miscall dan pesan teks “Kebakaran Terjadi!” ke nomor yang telah diprogram. Penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem mampu bekerja secara efektif dan cepat dalam mendeteksi potensi kebakaran serta memberikan peringatan kepada pengguna secara *real-time*. Meskipun begitu, penelitian juga mencatat kelemahan pada kestabilan tegangan SIM800L dan sensitivitas terhadap kualitas sinyal. Sistem ini diusulkan untuk ditingkatkan dengan penambahan sensor suhu dan IC regulator untuk efisiensi yang lebih baik.

Penelitian yang dilakukan oleh (Nugraha & Satria, 2022) yang merancang sebuah prototipe alat pendeteksi kebakaran berbasis mikrokontroler Arduino Uno dengan menggunakan sensor *flame* untuk mendeteksi keberadaan api dan sensor MQ-2 untuk mendeteksi asap serta gas. Ketika sensor-sensor ini mendeteksi tanda-tanda kebakaran, sistem secara otomatis akan mengaktifkan *buzzer* dan LED sebagai indikator peringatan dini. Pengujian menunjukkan bahwa *flame sensor* dapat mendeteksi api pada jarak 5–25 cm, sementara sensor MQ-2 berhasil

mendeteksi kepadatan asap dan gas pada rentang nilai 760–775 ppm. Sistem yang dikembangkan terbukti mampu memberikan notifikasi dini secara lokal melalui suara dan cahaya, serta menunjukkan performa yang stabil selama pengujian. Penelitian ini menyimpulkan bahwa perangkat yang dibuat layak digunakan sebagai alat bantu untuk meningkatkan kewaspadaan terhadap potensi kebakaran di lingkungan terbatas seperti ruangan atau bangunan kecil.

Perancangan sistem peringatan dini kebakaran yang akan dibuat merupakan penyempurnaan dari studi terdahulu. Persyaratan sistem konseptual yang akan dibuat bertujuan untuk membantu mendeteksi potensi kebakaran secara dini dengan memberikan notifikasi melalui jaringan *Internet of Things* (IoT). Sistem ini akan dirancang dalam bentuk purwarupa menggunakan mikrokontroler ESP8266

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah Prototipe sistem deteksi kebakaran dini berbasis *Internet of Things* menggunakan mikrokontroler ESP8266 yang akan diuji coba pada studi kasus di SMK YP IPPI PETOJO. Prototipe ini akan menggunakan sensor api dan suhu untuk mendeteksi potensi kebakaran, dan memberikan peringatan baik secara lokal maupun jarak jauh. Dengan sistem ini, diharapkan potensi keterlambatan dalam penanganan awal kebakaran dapat diminimalisir.

Sistem peringatan dini kebakaran yang dirancang memiliki keterbatasan/limitasi sebagai berikut : (1) Sistem hanya mendeteksi indikator kebakaran dari suhu tinggi dan keberadaan api; (2) Sistem bersifat Prototipe dan diuji dalam ruang simulasi, belum digunakan untuk implementasi skala besar. (3) Sistem hanya dapat memberikan peringatan, tidak memiliki fitur pemadaman otomatis.

Melalui pengembangan sistem ini, tidak hanya diharapkan dapat memberikan solusi terhadap permasalahan yang ada di SMK YP IPPI PETOJO, tetapi juga menjadi kontribusi

nyata dalam memperluas implementasi teknologi IoT di bidang keselamatan dan keamanan.

B. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *Research and Development* (R&D). Metode R&D adalah suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru, atau menyempurnakan produk yang telah ada, dan menguji keefektifan produk tersebut. Tahapan-Tahapan R&D untuk Alat Deteksi Kebakaran IoT adalah sebagai berikut :

Fase 1: *Research* (Penelitian dan Analisis Kebutuhan)

Tujuan: Memahami masalah secara mendalam dan merumuskan spesifikasi yang jelas.

1. *Research and Information Collecting* (Pengumpulan Data dan Informasi)

Studi Literatur: Mempelajari teori dasar tentang kebakaran, karakteristik asap/api, jenis sensor (seperti Sensor MQ-2 untuk asap/gas, sensor suhu DHT22, sensor flame), mikrokontroler (ESP32 atau ESP8266 karena sudah memiliki WiFi internal), dan platform IoT (seperti Blynk, Firebase, atau Node-RED).

2. Analisis Kebutuhan (*Need Assessment*)

Mengidentifikasi masalah yang dihadapi. Misalnya: respons sistem pemadam konvensional yang lambat, tidak adanya notifikasi jarak jauh, atau kurangnya pemantauan real-time.

3. Studi *Existing Product*

Menganalisis kelebihan dan kekurangan produk sejenis yang sudah ada di pasaran untuk menemukan celah inovasi.

4. *Planning* (Perencanaan)

Perumusan Spesifikasi Produk: Berdasarkan analisis kebutuhan, tentukan spesifikasi alat yang akan dibuat yaitu dapat mendeteksi api dan kenaikan suhu, dapat

mengirimkan notifikasi push ke *smartphone*, memiliki sirene atau *buzzer* lokal.

Fase 2: *Development* (Pengembangan Produk Awal)

Tujuan: Membuat purwarupa (prototype) pertama berdasarkan hasil penelitian.

1. *Development of Preliminary Form of Product* (Pengembangan Desain Awal)

Desain Sistem & Skematik: Merancang diagram blok sistem dan skematik rangkaian elektronik. Blok Input: Sensor Suhu, Sensor Flame. Blok Proses: Mikrokontroler ESP8266. Blok Output: *Buzzer*. Blok IoT Platform: Server untuk menerima dan mengolah notifikasi

2. Pengembangan Perangkat Keras (*Hardware*):

Membeli komponen sesuai spesifikasi, Merakit komponen pada papan prototyping (breadboard) untuk pengujian fungsionalitas dasar.

3. Pengembangan Perangkat Lunak (*Software*):

Firmware: Menulis kode program untuk mikrokontroler (biasanya menggunakan Arduino IDE) untuk membaca sensor, mengolah data, dan mengirimkannya ke platform IoT via WiFi.

Fase 3: *Testing & Evaluation* (Pengujian dan Evaluasi)

Tujuan: Menguji purwarupa dalam kondisi nyata dan mengevaluasi keefektifannya.

1. *Product Field Testing* (Pengujian Lapangan Terbatas)

Simulasi Kebakaran: Purwarupa diuji dengan sumber asap (kertas dibakar), panas (solder), atau api langsung di lingkungan yang terkendali. Pengujian Performa: Dilakukan pengujian berulang untuk mengukur: Akurasi Sensor: Seberapa baik sensor mendeteksi pemicu kebakaran. Kecepatan Respon: Delay dari deteksi hingga notifikasi dikirim. Dan Kestabilan Jaringan:

Keandalan koneksi WiFi dan pengiriman data.

2. *Revision of Main Product* (Revisi Produk Utama)

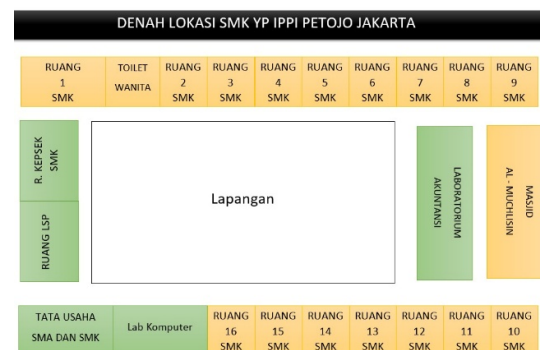
Berdasarkan hasil pengujian lapangan, dilakukan penyempurnaan pada purwarupa.

3. *Final Product Revision* (Revisi Produk Akhir)

Melakukan penyempurnaan akhir berdasarkan semua hasil pengujian. Pada tahap ini, desain casing atau enclosure dirancang untuk melindungi komponen.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian diawali dengan melakukan identifikasi terhadap lokasi (ruangan) yang memiliki tingkat kerawanan tinggi terhadap bahaya kebakaran. Hasil identifikasi dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Identifikasi ruangan rawan risiko bahaya kebakaran

Berdasarkan denah lokasi SMK YP IPPI Petojo Jakarta, area yang diberi warna hijau menunjukkan lokasi-lokasi yang memiliki risiko tinggi terhadap bencana kebakaran karena berkaitan dengan pengelolaan sekolah, laboratorium, serta area kerja staf dan kepala sekolah. Pada lokasi yang berwarna hijau tersebut purwarupa sistem peringatan dini kebakaran yang dibuat akan dipasang.

Rancangan cara kerja sistem yang dibuat dapat dilihat pada gambar 2 berikut:

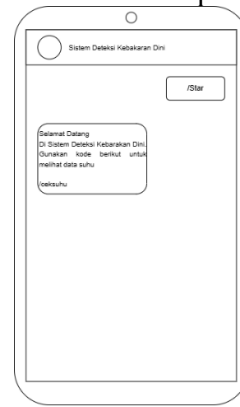


Gambar 2. Flowchart Purwarupa Sistem Peringatan Dini Kebakaran

Proses dimulai dengan pembacaan data dari dua sensor, yaitu sensor suhu dan kelembaban *DHT22* serta sensor api. Setelah data dibaca, sistem akan mengevaluasi apakah terdapat kondisi bahaya, yaitu terdeteksinya api atau suhu tinggi yang melebihi batas aman. Jika tidak ditemukan indikasi tersebut, sistem akan kembali melakukan pembacaan sensor secara berkala. Namun, jika terdapat api atau suhu tinggi, maka sistem secara otomatis akan mengaktifkan *buzzer* sebagai peringatan lokal dan mengirimkan notifikasi ke bot Telegram agar pengguna dapat segera mengetahui adanya potensi kebakaran. Setelah notifikasi dikirim, proses dianggap selesai. *Flowchart* ini menggambarkan efisiensi dan kecepatan sistem dalam mendeteksi serta merespons potensi kebakaran tanpa perlu keterlibatan manual dari pengguna.

Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang pada sistem ini adalah aplikasi Telegram yang nantinya digunakan untuk monitoring jika terdeteksi adanya api atau suhu extrime pada sekolah.



Gambar 3. Tampilan Awal Bot Telegram

Pada gambar 3 menunjukkan tampilan awal perancangan antarmuka perangkat lunak pada bot Telegram. Saat pengguna pertama kali memulai interaksi dengan bot, mereka akan melihat pesan sambutan bertuliskan: "Selamat Datang di Sistem Deteksi Kebakaran Dini. Gunakan kode berikut untuk melihat data suhu /ceksuhu"



Gambar 4. Tampilan Output Bot Telegram

Halaman ini juga menampilkan tombol perintah awal /start, yang berfungsi untuk memulai layanan bot. Setelah pengguna menekan tombol tersebut, bot akan mengirimkan pesan informasi berupa petunjuk penggunaan, seperti perintah /ceksuhu untuk memeriksa data suhu dari sistem.

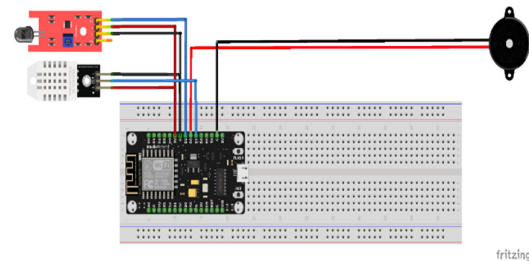
Pada gambar 4 merupakan tampilan output dari bot Telegram setelah pengguna mengirimkan perintah /ceksuhu. Output yang ditampilkan mencerminkan data yang diperoleh dari sistem deteksi kebakaran dini, dengan beberapa informasi penting sebagai berikut:

1. Data Suhu dan Kelembaban
 Bot memberikan respon berupa hasil pembacaan sensor. Informasi ini memberikan gambaran kondisi lingkungan secara real-time.
2. Notifikasi Deteksi Api
 Muncul pesan "Api Terdeteksi!!!!" yang menandakan bahwa sensor api mendeteksi adanya keberadaan api di lingkungan.
3. Peringatan Suhu Ekstrem
 Disertakan pula pesan "Suhu extrimee!!!!" sebagai tanda bahwa suhu telah melewati ambang batas normal dan berpotensi berbahaya.

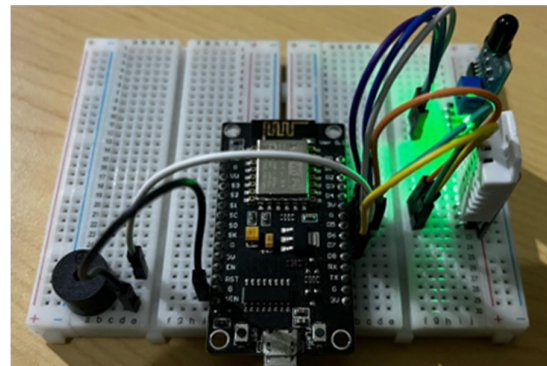
Tampilan ini menunjukkan bahwa bot Telegram berfungsi secara otomatis dan responsif dalam menyampaikan peringatan dini kepada pengguna berdasarkan data dari sensor, sehingga mendukung pengambilan tindakan cepat untuk mencegah kebakaran.

Perancangan Perangkat Keras

Rangkaian ini merupakan bentuk dari keseluruhan perangkat yang digunakan pada Sistem Deteksi Kebakaran Dini yang terdiri dari Breadboard, NodeMcu/ESP8266, Sensor DHT22, Flame Sensor, Buzzer, dan Kabel Jumper.



Gambar 5. Perancangan perangkat keras



Gambar 6. Hasil Perakitan

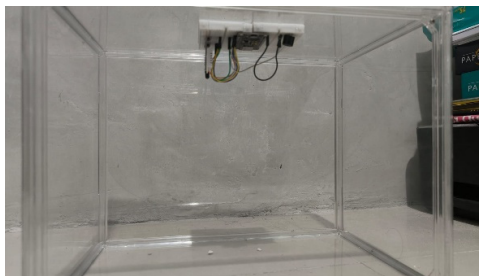
Pada rangkaian ini ditampilkan komponen-komponen yang digunakan dalam perancangan prototype sistem deteksi kebakaran dini. Rangkaian tersebut terdiri atas mikrokontroler ESP8266 yang berfungsi sebagai pusat pemrosesan data dengan mengonversi sinyal input elektronik menjadi sinyal output elektronik. Sensor api (flame sensor) digunakan untuk mendeteksi keberadaan api, sedangkan sensor DHT22 berperan dalam memantau suhu dan kelembaban udara. Buzzer difungsikan sebagai alarm yang akan diaktifkan apabila flame sensor mendeteksi adanya api atau ketika sensor DHT22 mengirimkan data suhu ekstrem. Seluruh komponen tersebut dirangkai menggunakan breadboard dan kabel jumper sebagai media penghubung.

Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem bertujuan untuk mengevaluasi kinerja logika yang ada pada program. Pengujian ini dilakukan secara langsung pada perangkat yang beroperasi untuk memastikan bahwa semua fitur utama sistem berfungsi dengan optimal.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem

No	Pengujian	Test Case	Hasil Yang Diharapkan	Hasill Pengujian	Ket
1	Test <i>Flame Sensor</i>	Memberikan sumber api (Menyalakan korek api)	Flame Sensor mendeteksi adanya api, kemudian mengirim notifikasi kepada bot telegram dan membunyikan <i>Buzzer</i>	Sesuai harapan	Valid
2	Test Sensor <i>DHT22</i>	Membuat suhu menjadi > 40c	Jika suhu >40c maka akan mengirim notifikasi kepada bot telegram dan membunyikan <i>buzzer</i>	Sesuai harapan	Valid



Gambar 7. Simulasi Pengujian Alat

Setelah dilakukan pengujian pada sensor dan komponen lainnya maka didapat hasil bahwa ketika *Flame Sensor* (sensor api) mendeteksi ada nya api atau ketika Sensor *DHT22* mendeteksi adanya suhu ekstrim maka *buzzer* akan berbunyi dan *ESP8266* akan mengirimkan notifikasi kepada Bot Telegram.

D. PENUTUP

Dari hasil perancangan dan pengujian purwarupa, maka didapatkan bahwa Flame Sensor dapat bekerja dengan baik ketika terdeteksi adanya api yang terpantau oleh sensor. Sensor DHT22 dapat bekerja dengan baik ketika terdeteksi suhu extrime yang terpantau oleh sensor. Pengguna dapat memantau data suhu dan kelembaban melalui sistem yang dapat di akses dan dimonitoring melalui aplikasi Telegram. Perancangan Internet Of Things untuk sistem peringatan dini kebakaran dengan mikrokontroler ESP8266 akan menerima input data dari flame sensor dan sensor DHT22 lalu

mengirimnya ke aplikasi Telegram untuk pengiriman notifikasi kepada pihak-pihak terkait.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, A. R., Kaharmen, H. M., & Hakim, I. N. (2020). Prototipe Alat Pendeteksi Kebakaran Berbasis Internet Of Things Dengan Aktifasi *Flame Sensor* Menggunakan Arduino. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan*, 7(2), 83–93.
<https://doi.org/10.46447/ktj.v7i2.156>
- Ahmed, F. M., & Saad, A. M. (2024). Fire Disaster Preparedness and Life Safety Program for Preparatory School Students Mentored by Community Health Nursing Students. *Tanta Scientific Nursing Journal*, 32(1), 236–256.
<https://doi.org/10.21608/tsnj.2024.341025>
- Asronika, N., Akyun, A., Mahmudah, N. L., Wahyuningtyas, R., & Pramudhita, A. N. (2024). Implementasi NodeMCU dan Blynk Dalam Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis IoT. *SHIFT : Journal Software, Hardware and Information Technology*, 4(1), 11–18.
<https://doi.org/10.24252/shift.v4i1.100>
- Elhanashi, A., Essahraui, S., Dini, P., & Saponara, S. (2025). Early Fire and Smoke Detection Using Deep Learning:

- A Comprehensive Review of Models, Datasets, and Challenges. *Applied Sciences*, 15(18), 10255. <https://doi.org/10.3390/app151810255>
- Khan, F., Xu, Z., Sun, J., Khan, F. M., Ahmed, A., & Zhao, Y. (2022). Recent Advances in Sensors for Fire Detection. *Sensors*, 22(9), 3310. <https://doi.org/10.3390/s22093310>
- Li, X., Vázquez-López, A., Sáez, J. S. del R., & Wang, D.-Y. (2022). Recent Advances on Early-Stage Fire-Warning Systems: Mechanism, Performance, and Perspective. *Nano-Micro Letters*, 14, 197. <https://doi.org/10.1007/s40820-022-00938-x>
- Lubis, R. T., & Susilawati. (2024). Sistem Kunci Pintu Berbasis PIN Menggunakan Arduino dan Keypad. *JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 8(3), 3830–3835. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i3.9820>
- Mulyono, J., Djuniadi, & Apriaskar, E. (2021). Simulasi Alarm Kebakaran Menggunakan Sensor Mq-2, Falme Sensor Berbasis Mikrokontroler Arduino. *ELKOM: Jurnal Elektronika Dan Komputer*, 14(1), 16–25. <https://doi.org/10.51903/elkom.v14i1.305>
- Nazuarsyah, N., Muzakir, U., Mukhroji, M., Ginting, R., & Munadi, R. (2023). Sistem Identifikasi Menggunakan Rfid Dan Sensor Infrared Berbasis Iot Terhadap Pengembangan Kampus Pintar. *Cyberspace: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 7(2), 109. <https://doi.org/10.22373/cj.v7i2.21632>
- Nizam, M., Yuana, H., & Wulansari, Z. (2022). Mikrokontroller ESP 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. *JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 6(2), 767–772. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.5713>
- Nugraha, D. A., & Satria, B. (2022). Prototipe Alat Pendeteksi Kebakaran Menggunakan Sensor *Flame* dan MQ-2 Berbasis Arduino Uno. *The Indonesian Journal of Computer Science*, 11(3), 936–944. <https://doi.org/10.33022/ijcs.v11i3.3102>
- Pasmah, R., Lubis, A. J., & Usman, A. (2021). Prototipe Sistem Keamanan Ruangan Menggunakan Finger Print dan Keypad Matrix dengan One Time Pad. *Explorer: Journal of Computer Science and Information Technology*, 1(2), 53–62. <https://doi.org/10.47065/explorer.v1i2.89>
- Salindeho, G. G., & Wellem, T. (2023). Perancangan dan Implementasi Sistem Pendeteksi dan Peringatan Kebakaran Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Sensor Api. *IT-Explore: Jurnal Penerapan Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 2(3), 179–191. <https://doi.org/10.24246/itexplore.v2i03.2023.pp179-191>
- Swetha, P. B., Vennakandla, C. S. R., Sonti, S. R., Periasamy, P. S., Naresh, A., & Gali, S. (2026). Real-Time Smart Fire Detection and Prevention System Using IoT Sensors and ML Algorithms. *International Conference on Visual Analytics and Data Visualization (ICVADV)*, 1330–1336. <https://doi.org/10.1109/ICVADV67766.2026.11470528>