

SISTEM MONITORING KEBAKARAN PADA BOX PANEL LISTRIK BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)* DENGAN NOTIFIKASI TELEGRAM

Hindra¹⁾, Tri Irianto Tjendrowasono²⁾, Supriyana Nugroho³⁾

Program Studi Teknik Elektro^{1,2)} Program Studi Sistem Komputer³⁾

Email: hindra.jih86@gmail.com¹⁾, tjendrowasono@gmail.com²⁾, supriyananugroho@gmail.com³⁾

Dikirim: 19 Juni 2026; Disetujui: 30 Juli 2026; Dipublikasikan: 31 Juli 2026

ABSTRAK

Kebakaran pada box panel listrik merupakan ancaman serius yang dapat merusak infrastruktur dan membahayakan keselamatan. Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP8266, yang terintegrasi dengan dua sensor api (Flame Sensor), dua sensor suhu (DHT22), dan sensor gas (MQ-2).

Penerapan metode redundansi sensor meningkatkan akurasi deteksi dan mengurangi risiko alarm palsu (false positive) yang sering terjadi pada versi sebelumnya. Sistem ini mengirimkan *real-time* melalui aplikasi mobile Telegram, dengan respon kurang dari 5 detik.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kondisi abnormal dengan tingkat keandalan yang lebih tinggi, sehingga membantu pengguna melakukan tindakan preventif lebih cepat untuk mengurangi risiko kerusakan dan korban jiwa.

Kata Kunci : Kebakaran, *IoT*, Telegram, ESP8266, sensor suhu, Sensor api, Sensor gas

ABSTRACT

Fires in electrical panel boxes are a serious threat, potentially damaging infrastructure and compromising safety. This research develops an Internet of Things (IoT)-based monitoring system using an ESP8266 microcontroller, integrated with two flame sensors (Flame Sensor), two temperature sensors (DHT22), and a gas sensor (MQ-2).

The implementation of sensor redundancy improves detection accuracy and reduces the risk of false positives, which were common in previous versions. This system delivers real-time alerts via the Telegram mobile app, with a response time of less than 5 seconds.

Test results show that the system is able to detect abnormal conditions with a higher level of reliability, thus helping users take preventive actions more quickly to reduce the risk of damage and loss of life

Keywords: Fire, *IoT*, Telegram, ESP8266, temperature sensor, fire sensor, gas sensor

1. PENDAHULUAN

Bagian pendahuluan terutama berisi: (1) permasalahan penelitian; (2) wawasan dan rencana pemecahan masalah; (3) rumusan tujuan penelitian; (4) rangkuman kajian teoritik yang berkaitan dengan masalah yang diteliti. Pada bagian ini kadang-kadang juga dimuat harapan akan hasil dan manfaat penelitian. Panjang bagian pendahuluan sekitar 2-3 halaman dan diketik dengan 1 spasi.

Kebakaran pada box panel listrik merupakan salah satu ancaman serius terhadap keselamatan infrastruktur, karena panel listrik menghimpun titik sambungan arus yang rawan mengalami kenaikan suhu akibat beban lebih, sambungan longgar, maupun sirkulasi udara yang buruk [1], [2]. Data lapangan menunjukkan bahwa kegagalan sambungan, hubung singkat, dan pembebanan berlebih pada saluran distribusi tegangan rendah merupakan kontributor terbesar terhadap kejadian kebakaran akibat listrik pada bangunan, sehingga pemantauan dini terhadap kondisi termal dan kelistrikan panel menjadi krusial untuk mencegah eskalasi menuju kebakaran [2]. Studi terbaru bahkan menunjukkan bahwa anomali pada panel listrik, mencakup suhu, gas, dan kelembapan, dapat dideteksi lebih awal melalui kombinasi sensor berbasis Internet of Things (IoT) dan algoritme pembelajaran mesin, sehingga tindakan preventif dapat dilakukan sebelum kondisi berbahaya berkembang menjadi kebakaran actual [1].

Internet of Things (IoT) menghadirkan paradigma di mana objek-objek fisik, termasuk sensor lingkungan, dapat saling terhubung, mengumpulkan, dan mengirimkan data secara real-time melalui jaringan internet tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung [3]. Karakteristik inilah yang menjadikan IoT solusi yang tepat untuk sistem peringatan dini kebakaran, karena mampu memberikan visibilitas kondisi lingkungan secara kontinu sekalipun lokasi pemantauan berada di area yang jarang diawasi manusia, seperti ruang panel listrik industri [4], [5].

Berbagai penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem deteksi kebakaran berbasis IoT dengan pendekatan sensor tunggal maupun sensor kombinasi. [6]

merancang sistem deteksi kebakaran berbasis IoT yang mengintegrasikan sensor api, suhu, dan gas dengan aktuator sprinkler otomatis, dan mencatat waktu respons rata-rata sekitar 5 detik. Namun, sistem berbasis sensor tunggal terbukti rentan menghasilkan alarm palsu (false positive), misalnya asap rokok yang memicu alarm asap padahal bukan indikasi kebakaran, sehingga menurunkan keandalan sistem secara keseluruhan [7]. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, [7] mengusulkan kombinasi tiga sensor (api, suhu, dan gas) yang diproses melalui logika fuzzy guna meningkatkan akurasi deteksi sekaligus menekan tingkat false alarm. Pendekatan serupa juga diterapkan pada level algoritmik: [8] mengembangkan algoritme fusi data multi-sensor berbasis backpropagation neural network yang mempercepat waktu deteksi kebakaran hingga 32% dibanding sistem sensor tunggal, sementara [9] menunjukkan bahwa fusi data multi-sensor berbasis temporal convolutional network (TCN) mampu meningkatkan akurasi klasifikasi kebakaran lebih dari 2,5% dan mempercepat kecepatan deteksi lebih dari 15%. Temuan-temuan ini mengonfirmasi bahwa strategi redundansi dan fusi sensor, sebagaimana diterapkan pada penelitian ini melalui penggunaan dua sensor api dan dua sensor suhu, merupakan pendekatan yang didukung literatur untuk menekan risiko alarm palsu.

Pada aspek sensor pendeteksi, sensor api inframerah (flame sensor) bekerja dengan mendeteksi radiasi inframerah pada rentang panjang gelombang karakteristik nyala api, dan sensitivitasnya terhadap sudut serta jarak pantau telah dikaji secara mendalam untuk keperluan optimasi deteksi dini [10]. Sensor suhu digital DHT22 banyak digunakan pada sistem IoT karena mampu memberikan akurasi pengukuran hingga 0,1°C meski memiliki keterbatasan pada kecepatan respons terhadap perubahan suhu mendadak [5], sehingga penggunaan dua unit DHT22 secara paralel, seperti pada penelitian ini, relevan untuk saling memvalidasi pembacaan dan mengurangi kesalahan deteksi akibat gangguan lokal pada satu sensor. Sementara itu, sensor gas MQ-2 lazim digunakan untuk mendeteksi asap dan gas mudah terbakar melalui perubahan

konduktivitas material SnO_2 terhadap konsentrasi gas di udara, dan telah banyak diterapkan pada sistem peringatan dini kebocoran gas maupun kebakaran berbasis mikrokontroler [11], [12], [13].

Pada aspek komunikasi dan notifikasi, penggunaan bot Telegram sebagai media peringatan jarak jauh telah terbukti efektif pada berbagai implementasi IoT karena kemampuannya mengirim pesan instan dengan latensi rendah tanpa bergantung pada infrastruktur SMS berbayar. [4] menerapkan Telegram API untuk pemantauan keamanan ruang server dan menunjukkan bahwa notifikasi teks, foto, maupun video dapat dikirimkan secara real-time ketika ambang suhu atau intrusi terdeteksi. [14]serta [15]turut menegaskan bahwa integrasi IoT dengan platform pesan instan mampu mempercepat respons pengguna terhadap kondisi berbahaya dibandingkan sistem alarm lokal semata. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada objek pemantauan umum seperti ruang server, rumah tinggal, atau gudang, dan belum secara spesifik menyorot box panel listrik sebagai objek pemantauan utama dengan skema redundansi sensor ganda.

Berdasarkan uraian di atas, terdapat kesenjangan penelitian (research gap) berupa minimnya sistem monitoring kebakaran yang secara spesifik dirancang untuk box panel listrik dengan pendekatan redundansi sensor ganda (dua sensor api dan dua sensor suhu) yang dikombinasikan dengan notifikasi instan melalui Telegram dan alarm lokal berbasis buzzer. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem monitoring kebakaran pada box panel listrik berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP8266 (WeMos D1 Mini) yang terintegrasi dengan dua flame sensor, dua sensor DHT22, dan sensor gas MQ-2, dengan tujuan meningkatkan akurasi deteksi, menekan risiko false positive, serta mempercepat waktu respons peringatan kepada pengguna melalui notifikasi Telegram.

2. METODE

2.1. Perancangan Hardware

Perancangan perangkat keras melibatkan keras pemilihan dan integrasi komponen yang

mendukung sistem deteksi kebakaran berbasis IoT, yang meliputi :

- Mikrokontroler Wemos D1 Mini (ESP8266) yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan pengendali komunikasi nirkabel.
- Sensor Api (flame sensor) ganda, berfungsi mendeteksi keberadaan api dari dua titik yang berbeda untuk meningkatkan akurasi deteksi dan mengurangi risiko false positive.
- Sensor suhu DHT22 ganda berlapis cover aluminium, berfungsi mengukur suhu pada dua titik untuk mendeteksi indikasi kenaikan suhu yang berpotensi memicu kebakaran.
- Sensor gas (MQ-2), mendeteksi gas atau asap yang keluar saat terjadi kebakaran.

Buzzer, memberikan alarm lokal sebagai peringatan dini di area box panel.

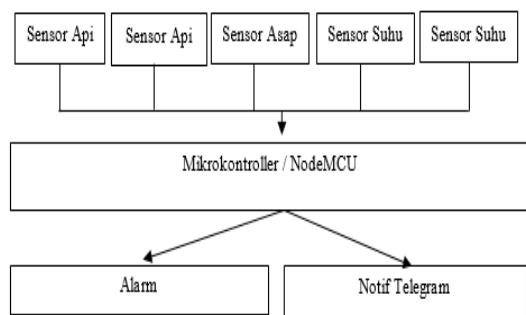
2.2. Perancangan Software

Perangkat lunak dirancang untuk mengintegrasikan pembacaan sensor, pengolahan data, dan pengiriman notifikasi secara real-time, yang meliputi:

- Pemrograman mikrokontroler menggunakan platform Arduino IDE.
- Pengolahan data sensor yang melakukan pembacaan berulang (redundant) dan komparasi untuk menentukan kondisi normal.
- Integrasi IoT dengan Telegram, menggunakan bot Telegram untuk mengirim notifikasi otomatis ke pengguna.
- Alarm lokal, berfungsi mengaktifkan buzzer saat kondisi bahaya terdeteksi sebagai peringatan lokal.
- Monitoring real-time, menyediakan data yang bisa dipantau melalui perangkat mobile

2.3. Diagram Blok Sistem

Diagram blok rangkaian adalah bagian penting dari perencanaan peralatan elektronik, karena memungkinkan penulis memahami prinsip kerja keseluruhan dari jaringan elektronik yang dibuat.

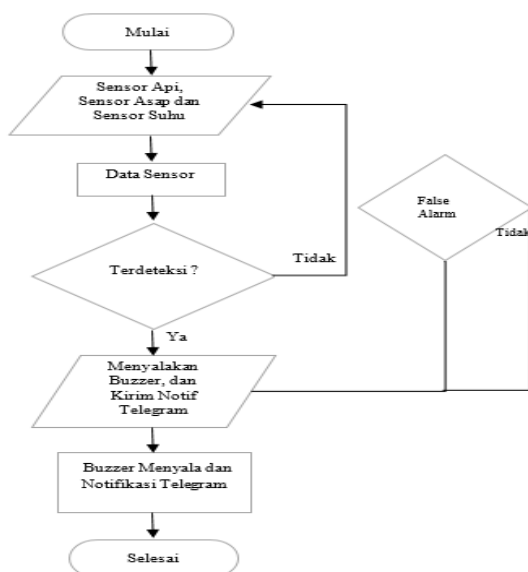


Gambar 1 Diagram Blok Sistem

Dari gambar blok sistem dapat dijelaskan melalui sensor-sensor membaca kondisi lingkungan di dalam box panel listrik, Node MCU mengolah data, dan jika kondisi berbahaya terdeteksi (api, suhu tinggi, atau gas) notifikasi dikirim via internet ke Telegram, disertai bunyi alarm.

2.4. Flowchart Sistem

Dari sistem ini flowchat digunakan untuk memberikan penjelasan langkah-langkah untuk memberikan penjelasan keputusan dalam suatu pemrograman, yang dijelaskan pada garis penghubung.



Gambar 2 Skema Prototipe Sistem Pendeteksi Kebakaran

Flowchat dimulai dari “Mulai”, yang menandakan sitem aktif saat perangkat dinyalakan. ESP8266 kemudian membaca data dari sensor api, sensor asap, dan sensor suhu. Data ini diproses pada tahap pengolahan data sensor untuk dianalisis terhadap ambang batas kebakaran.

Pada tahap pengambilan keputusan, jika tidak ada indikasi kebakaran, sistem akan mengulang pembacaan sensor secara terus menerus (looping). Namun, jika ada indikasi kebakaran, sistem masuk ke tahap pengecekan false alarm.

Ditahap ini, data dari dua sensor suhu dibandingkan. Jika perbedaan suhu melebihi ambang batas, sistem menganggap deteksi tidak valid dan kembali membaca sensor. Jika data konsisten, sistem menganggap kondisi bahaya, kemudian mengaktifkan buzzer sebagai alarm dan mengirimkan notifikasi ke Telegram secara otomatis. Buzzer akan tetap menyala selama kondisi bahaya terdeteksi dan berhenti ketika kondisi normal.

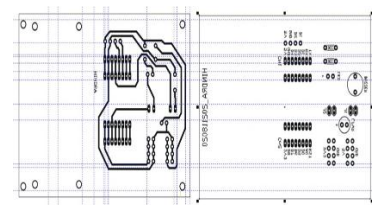
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembuatan Alat

Pada proses pembuatan alat semua komponen perangkat keras mulai disusun dan dirakit menjadi satu kesatuan sistem yang utuh. Tahap ini juga dilakukan penyesuaian layout alat agar terlihat rapi, aman, dan mudah di gunakan. Berikut beberapa langkah untuk perakitanya:

1. Membuat Desain Jalur Rangkaian

Jalur ini mencakup dua bagian yaitu jalur tembaga dibagian bawah PCB dan tata letak komponen dibagian atas.



Gambar 3 Desain Jalur Rangkaian

2. Persiapan PCB Polos

PCB berbahan dasar tembaga disiapkan terlebih dahulu, lalu permukaan tembaga di amplas agar bersih dan siap untuk di transfer jalu sirkuit.



Gambar 4 Persiapan PCB Polos

3. Pembuatan Desain dan Transfer layout PCB

Desain jalur PCB yang telah dibuat menggunakan software di cetak di kertas transfer PCB kemudian dipanaskan atau di setrika ke permukaan PCB agar pola menempel.



Gambar 5 Pembuatan Desain PC

4. Pelapisan cairan Kimia

PCB yang telah ditemplei pola, jalur di rendam dalam larutan *ferric chloride* (FeCl_3) untuk melarutkan bagian tembaga yang tidak tertutup pola jalur, sehingga hanya jalur hitam yang tersisa.



Gambar 6 Pelapisan Cairan Kimia

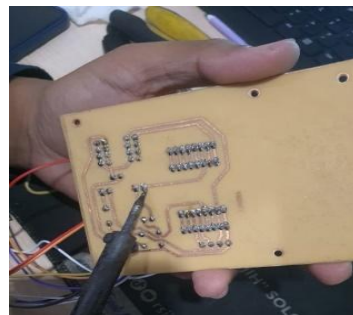
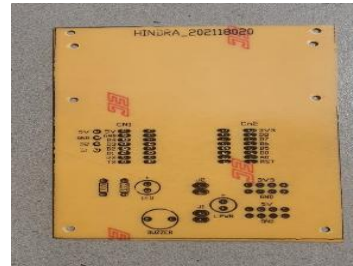
5. Pembersihan, pengeboran PCB dan pelapisan pelindung Setelah proses pelarutan, PCB dibersihkan dengan thinner, dilanjutkan pengeboran pada lubang komponen kemudian PCB dilabeli nama dan komponen petunjuk, agar tidak terjadi korosi maka langkah terakhir dengan memberikan *coating spray*.



Gambar 7 Pengeboran Lubang PCB dan Pemberian lapisan Pelindung

6. PCB siap dirakit

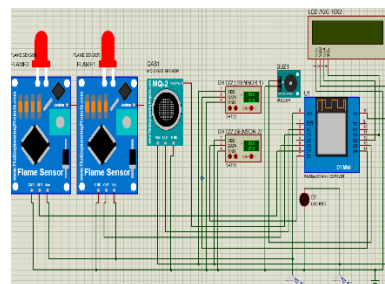
Hasil akhir PCB siap dirangkai bersama komponen seperti NodeMCU, dua sensor api, dua sensor suhu DHT22, sensor asap dan buzzer.



Gambar 8 PCB siap di rakit dan penyolderan komponen

7. Pembuatan Rangkain Alat

Berikut daftar komponen yang di pakai dalam perancangan sistem monitoring kebakaran dengan memanfaatkan *IoT*.



Gambar 9 Rangkain Alat

Mikrokontroler Node MCU ESP8266 dihubungkan dengan dua sensor api (IR Flame), dua sensor suhu (DHT22), serta sensor gas MQ-2 untuk mengumpulkan data.

Seluruh data yang di terima kemudian di proses oleh NodeMCU ESP8266, Selanjutnya, NodeMCU meneruskan status ditampilkan pada LCD dan dapat dicek melalui chatbot Telegram.



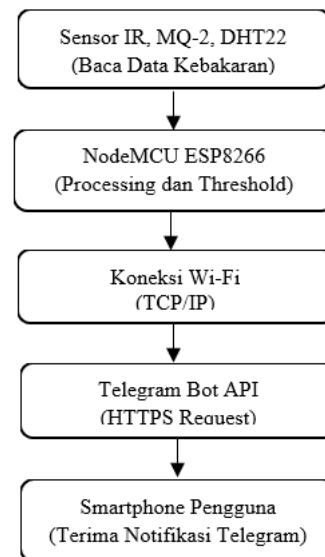
Gambar 10 Rangkain Hardware

3.2. Cara Kerja Alat

Saat alat dinyalakan dan terhubung ke wifi, NodeMCU membaca data suhu, gas, dan api secara berkala. Jika kondisi normal, sistem hanya memantau. Namun, jika suhu $> 50^{\circ}\text{C}$, flame sensor mendeteksi api, atau MQ-2 melebihi 300, sistem mengaktifkan buzzer dan mengirim notifikasi ke Telegram. Untuk menghindari false Positif alarm, sistem menggunakan dua sensor suhu (DHT22), alarm dan notifikasi hanya dikirim jika dua sensor menunjukkan data suhu yang konsisten. Implementasi

Pada tahapan ini implementasi sistem ini terdiri atas pengembangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*Software*). Pada sisi perangkat keras, sistem menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama yang terintegrasi dengan dua sensor api, sensor gas, dan dua sensor suhu (DHT22) untuk mendeteksi potensi kebakaran secara akurat. Komponen *buzzer* dimanfaatkan sebagai alarm lokal, sedangkan modul Wi-Fi NodeMCU berfungsi mengirimkan notifikasi peringatan ke aplikasi Telegram secara otomatis.

Pada sisi perangkat lunak, pemrograman dilakukan menggunakan Arduino IDE, yang mengatur proses pembacaan dan pengolahan data sensor secara berkala, mekanisme verifikasi *false positif alarm* melalui pembandingan data kedua sensor suhu, serta mengirimkan notifikasi ke Telegram apabila kondisi bahaya terdeteksi.



Gambar 11 Diagram Alur Protokol Komunikasi

Sensor api (*IR Flame*)

Pada sensor api menguji respon terhadap sumber api, sensor akan mengeluarkan sinyal digital Low saat mendeteksi api. Berikut hasil pengujiannya:

Tabel 1 Pengujian Sensor Api

No.	Jarak Api ke Sensor	Status Sensor	Status Sistem
1	10 cm	High	Aman
2	5 cm	Low	Bahaya (api terdeteksi)
3	3 cm	Low	Bahaya (api terdeteksi)

Sensor Suhu (DHT22)

Sensor ini diujikan dengan memanaskan area sensor suhu DHT22 hingga melebihi ambang batas yaitu 50°C , Hasil pengujiannya sebagai berikut:

Tabel 2 Pengujian sensor Suhu (DHT22)

No.	Suhu 1	Suhu 2	Status Sistem
1	28°C	35°C	Aman
2	45°C	47°C	Aman
3	50°C	51°C	Bahaya (suhu tinggi)
4	65°C	61°C	Bahaya (suhu tinggi)

Sensor Gas

Sensor ini bekerja dengan mengukur tingkat konsentrasi gas dalam bentuk nilai analog, dan akan dianggap berbahaya jika melewati ambang batas (> 300 ppm).

Tabel 3 Pengujian Sensor Gas MQ-2

No.	Sumber Gas/Asap	Nilai Sensor (ADC)	Status Sistem	Notifikasi Telegram
1	Udara normal	120	Aman	Tidak
2	Asap korek api (5 cm)	295	Aman (mendekati batas)	Tidak
3	Asap kertas terbakar	370	Bahaya (gas terdeteksi)	Dikirim

Pengujian Telegram Bot

Pengujian ini dilakukan dengan menguji kinerja sensor api, dua sensor suhu, dan sensor asap.

**Gambar 12 Pengujian Telegram Bot**

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Sistem monitoring pendeteksi kebakaran berhasil berjalan dengan dengan baik sesuai perencanaan, dengan pembacaan ganda dari dua sensor api, dan dua sensor suhu DHT22 yang meningkatkan akurasi deteksi serta mengurangi risiko false positif alarm. Sensor gas MQ-2 juga berfungsi optimal dalam mendeteksi partikel gas atau asap, sementara komunikasi NodeMCU dengan Bot Telegram berjalan stabil. Pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan sistem bisa dipantau dari jarak jauh tanpa pengawasan manual, serta memberikan notifikasi dini kebakaran secara efektif melalui Telegram.

4.2. Saran

Sistem ini masih memiliki ruang untuk pengembangan lebih lanjut agar sistem

menjadi lebih baik diantaranya sebagai berikut:

1. Penggunaan data historis, yang mana penerapan penyimpanan data historis untuk analisis tren dan prediksi potensi bahaya.
2. Penggunaan mikrokontroler ESP32 yang memiliki lebih banyak pin dan kapasitas pemrosesan lebih tinggi, dan dukungan komunikasi ganda (Wi-Fi dan Bluetooth). Hal ini memungkinkan sistem untuk menambah lebih banyak sensor, meningkatkan kecepatan pemrosesan data, serta memperluas integrasi ke platform IoT yang lebih kompleks

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. F. Pekşen, U. Yurtsever, and Y. Uyaroglu, "Enhancing electrical panel anomaly detection for predictive maintenance with machine learning and IoT," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 96, pp. 112–123, 2024.
- [2] T. Peng, F. Yang, L. Su, L. Sun, and Y. Chen, "Information model of power distribution IoT terminal for high-rise building electrical fire monitoring," *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, vol. 14, p. 5, 2023.
- [3] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future generation computer systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013.
- [4] M. Fajar Wicaksono, M. Dwi Rahmatya, and I. Ilham, "IoT implementation for server room security monitoring using telegram api," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 12, no. 5, pp. 1931–1937, 2022.
- [5] Y. A. Ahmad, T. S. Gunawan, H. Mansor, B. A. Hamida, A. F. Hishamudin, and F. Arifin, "On the evaluation of DHT22 temperature sensor for IoT application," in *2021 8th international conference on computer and communication engineering (ICCCE)*, IEEE, 2021, pp. 131–134.
- [6] H. Alqourabah, A. Muneer, and S. M. Fati, "A smart fire detection system using IoT technology with automatic water sprinkler," *International Journal*

- of Electrical & Computer Engineering* (2088-8708), vol. 11, no. 4, 2021.
- [7] A. Rehman *et al.*, “Smart fire detection and deterrent system for human savior by using internet of things (IoT),” *Energies (Basel)*., vol. 14, no. 17, p. 5500, 2021.
- [8] L. Wu, L. Chen, and X. Hao, “Multi-sensor data fusion algorithm for indoor fire early warning based on BP neural network,” *Information*, vol. 12, no. 2, p. 59, 2021.
- [9] Y. Li, Y. Su, X. Zeng, and J. Wang, “Research on multi-sensor fusion indoor fire perception algorithm based on improved TCN,” *Sensors*, vol. 22, no. 12, p. 4550, 2022.
- [10] H. Bordbar, F. Alinejad, K. Conley, T. Ala-Nissila, and S. Hostikka, “Flame detection by heat from the infrared spectrum: Optimization and sensitivity analysis,” *Fire Saf. J.*, vol. 133, p. 103673, 2022.
- [11] Sohibun, I. Daruwati, R. G. Hatika, and D. Mardiansyah, “MQ-2 gas sensor using micro controller arduino uno for LPG leakage with short message service as a media information,” in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2021, p. 012068.
- [12] N. M. Hussien, Y. M. Mohialden, N. T. Ahmed, M. A. Mohammed, and T. Sutikno, “A smart gas leakage monitoring system for use in hospitals,” *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 19, no. 2, pp. 1048–1054, 2020.
- [13] T. Babu and R. R. Nair, “Enhancing gas leak detection with iot technology: An innovative approach,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 235, pp. 961–969, 2024.
- [14] G. Z. Islam *et al.*, “IoT-Based Automatic Gas Leakage Detection and Fire Protection System,” *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. 16, no. 21, 2022.
- [15] A. Safi *et al.*, “A fault tolerant surveillance system for fire detection and prevention using LoRaWAN in smart buildings,” *Sensors*, vol. 22, no. 21, p. 8411, 2022.