

DESAIN SISTEM EMBEDDED UNTUK DETEKSI KEBAKARAN BERBASIS SENSOR INFRAMERAH NON-KONTAK

Muhammad Najmul Fadli^{1*}, Sirojul Hadi²

¹ Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang

² Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

E-Mail:

¹ mnajmulfadli@pnp.ac.id

² sirojuhadi13@gmail.com

ABSTRACT

Kebakaran gedung memiliki dampak yang sangat signifikan yang bersifat langsung maupun tidak langsung, mencakup aspek keselamatan manusia, kerugian ekonomi, dan kerusakan lingkungan. Kebakaran gedung dapat mengancam nyawa penghuni maupun petugas penyelamat. Kebakaran dapat menghancurkan aset bernilai tinggi seperti peralatan elektronik, dokumen penting, dan inventaris bisnis. Selain itu, kebakaran dapat melepaskan zat beracun seperti dioksin, hidrogen sianida, dan logam berat dari material yang terbakar (misalnya plastik, cat, atau bahan kimia). Agar mengurangi dampak akibat kebakaran, maka dikembangkan teknologi detektor kebakaran. Tujuan penelitian ini yaitu membangun detektor kebakaran agar dapat memberikan peringatan dini jika terjadi potensi kebakaran. Metode yang digunakan yaitu Research and Development (R&D). Hasil pengujian menunjukkan performa sistem yang konsisten seperti kemampuan deteksi suhu yang andal, ditunjukkan oleh perbedaan signifikan antara pembacaan rata-rata suhu ambient (29°C) dan kondisi eksposur api (52°C) dan responsivitas sistem yang cepat dengan waktu respon rata-rata 5 detik. Dapat disimpulkan bahwa detektor kebakaran ini dapat bekerja dengan baik.

ARTICLE INFO

Keywords:

Sistem Embedded;
Detektor kebakaran;
Sensor inframerah non-kontak; mikrokontroler ESP32; Research and Development (R&D)

Article History

Submitted:
10-12-2024
Accepted:
31-12-2024
Published:
01-01-2025

Corresponding Author:

Muhammad Najmul Fadli, mnajmulfadli@pnp.ac.id

1. INTRODUCTION

Kebakaran gedung dapat menimbulkan dampak multidimensi yang bersifat langsung maupun tidak langsung, mencakup aspek keselamatan manusia, kerugian ekonomi, kerusakan lingkungan, dan gangguan sosial (Mulyadi et al., 2023). Data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menunjukkan peningkatan kasus kebakaran setiap tahunnya, terutama di kawasan permukiman padat dan area industri. Kebakaran gedung dapat mengancam nyawa penghuni maupun petugas penyelamat. Asap tebal yang mengandung karbon monoksida dan partikel beracun dapat menyebabkan keracunan, sesak napas, hingga kematian dalam hitungan menit. Korban juga berisiko mengalami luka bakar berat atau cedera akibat reruntuhan struktur

bangunan. Selain itu, kebakaran dapat menghancurkan aset bernilai tinggi seperti peralatan elektronik, dokumen penting, dan inventaris bisnis. Aktivitas bisnis dapat terhenti sementara, mengakibatkan kehilangan pendapatan, pemutusan hubungan kerja, atau bahkan kebangkrutan bagi usaha kecil (Erfandi et al., 2025).

Dampak lain dari kebakaran gedung yaitu kebakaran dapat melepaskan zat beracun seperti dioksin, hidrogen sianida, dan logam berat dari material yang terbakar (misalnya plastik, cat, atau bahan kimia). Polusi udara ini mencemari udara, tanah, dan sumber air di sekitarnya, berpotensi menyebabkan penyakit pernapasan kronis bagi masyarakat sekitar. Selain itu, abu dan limbah pascakebakaran sering kali mengandung bahan berbahaya yang memerlukan penanganan khusus. Jika terjadi di kawasan industri, kebocoran bahan kimia dari gedung yang terbakar dapat memicu bencana lingkungan lebih luas (Fasya & Efendi, 2024). Karena besarnya dampak yang ditimbulkan oleh kebakaran gedung maka dibutuhkan teknologi yang dapat menjadi early warning system ketika adanya potensi terjadinya kebakaran.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memitigasi dampak kebakaran gedung dengan mengembangkan sistem deteksi dini berbasis teknologi sensor. Penelitian oleh (Kalbuana & Kurnianto, 2024) merancang sistem pencegahan kebakaran menggunakan mikrokontroler yang dilengkapi dengan sensor asap (MQ-2). Sistem ini mampu mengaktifkan alarm peringatan dini ketika sensor mendeteksi konsentrasi asap yang melebihi batas normal di sekitarnya. Penelitian serupa dilakukan oleh (Mainah et al., 2024) yang mengimplementasikan sensor MQ-2 dengan menetapkan nilai threshold sebesar 50. Apabila pembacaan sensor melebihi nilai tersebut, sistem secara otomatis mengirimkan peringatan berupa alarm kebakaran. Untuk meningkatkan akurasi deteksi, penelitian oleh (Alwi & Chusyairi, 2022; Nuryadin et al., 2024) mengintegrasikan sensor api tambahan selain sensor MQ-2, sehingga sistem mampu memberikan respons yang lebih presisi terhadap potensi kebakaran. Lebih lanjut, penelitian oleh (Saputro & Tuslam, 2022) mengembangkan sistem deteksi kebakaran dengan memanfaatkan tiga jenis sensor, yaitu sensor asap (MQ-2), sensor suhu (DHT11), dan sensor api. Dalam penelitian tersebut, ditetapkan nilai threshold masing-masing sensor, yakni 450 ppm untuk sensor asap, 45°C untuk sensor suhu, dan jarak deteksi maksimal 60 cm untuk sensor api. Apabila seluruh sensor mendeteksi kondisi yang melebihi batas threshold, sistem akan mengaktifkan alarm sebagai indikator bahaya kebakaran.

Selain implementasi sistem berbasis sensor konvensional, perkembangan terkini dalam bidang deteksi kebakaran mengarah pada pemanfaatan Internet of Things (IoT) dan sistem cerdas untuk meningkatkan akurasi dan presisi deteksi. Penelitian oleh (Arumsari et al., 2023) mengembangkan sistem deteksi kebakaran berbasis IoT yang tidak hanya mengaktifkan alarm secara otomatis saat mendeteksi potensi kebakaran, tetapi juga mengirimkan notifikasi real-time kepada pengguna melalui aplikasi Telegram, sehingga meningkatkan efektivitas respons dini. Dalam pendekatan yang lebih canggih, (HW et al., 2021) mengimplementasikan sistem deteksi dan monitoring kebakaran berbasis logika fuzzy. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengklasifikasikan tingkat bahaya kebakaran ke dalam tiga kategori: aman (safe), peringatan (warning), dan bahaya (danger), yang memungkinkan respons yang lebih terukur sesuai tingkat ancaman. Berdasarkan penelitian terdahulu, sistem deteksi kebakaran konvensional yang mengandalkan sensor asap seperti MQ-2 atau sensor suhu kontak seperti termistor memiliki beberapa kelemahan mendasar. Sensor asap sering menghasilkan false alarm karena mendeteksi asap non-kebakaran seperti uap masakan atau asap rokok, sementara sensor suhu kontak memiliki waktu respons yang lambat karena harus bersentuhan langsung dengan sumber panas.

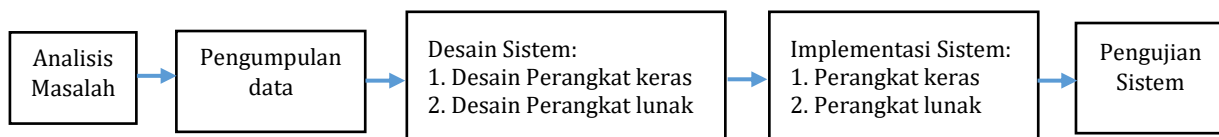
Berdasarkan evaluasi terhadap sistem konvensional, terdapat beberapa keterbatasan mendasar pada pendekatan berbasis sensor tunggal. Sensor asap tipe MQ-2 cenderung menghasilkan false positive karena responsnya terhadap berbagai partikel udara termasuk uap masakan dan asap rokok. Sementara itu, sensor suhu kontak seperti termistor memiliki keterbatasan dalam waktu respons karena memerlukan kontak fisik langsung dengan sumber panas untuk deteksi yang akurat. Celah penelitian ini terletak pada belum optimalnya pemanfaatan teknologi inframerah non-kontak dalam sistem deteksi kebakaran. Padahal, sensor

inframerah seperti MLX90614 menawarkan kemampuan mendeteksi panas secara real-time dari jarak jauh tanpa kontak fisik, dengan respons yang lebih cepat dan akurasi yang lebih baik.

Penelitian ini menawarkan kebaruan melalui desain sistem embedded berbasis sensor inframerah non-kontak (sensor MLX90614) yang diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32. Sistem ini mampu mendeteksi panas secara akurat dari jarak tertentu sehingga sangat baik digunakan untuk mendeteksi kebakaran gedung. Tujuan dari penelitian ini yaitu merancang prototipe sistem deteksi kebakaran yang mengatasi keterbatasan sistem konvensional dengan menggunakan sensor inframerah non-kontak sebagai detektor utama. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi deteksi kebakaran yang lebih andal, cepat, dan minim false alarm, khususnya untuk aplikasi di gedung perkantoran, gudang penyimpanan, dan kawasan industri yang membutuhkan sistem proteksi kebakaran yang responsif.

2. METHOD

Penelitian ini mengadopsi metode *Research and Development* (R&D) dalam pengembangan sistem, mencakup analisis masalah, pengumpulan data, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi sistem, dan pengujian sistem (Hadi et al., 2023; Hadi & Pangestu, 2022). Proses pengembangan tersebut mengikuti tahapan sistematis sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode *research and development* (R&D)

2.1. Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi dua metode utama: studi literatur dan observasi. Studi literatur dilaksanakan melalui telaah sistematis terhadap artikel-artikel ilmiah yang relevan dengan topik penelitian. Selanjutnya, observasi dilakukan untuk mengidentifikasi material yang diperlukan serta menentukan spesifikasi teknis komponen elektronik yang akan digunakan. Data yang diperoleh dari observasi kemudian menjadi dasar dalam proses pengadaan komponen penelitian.

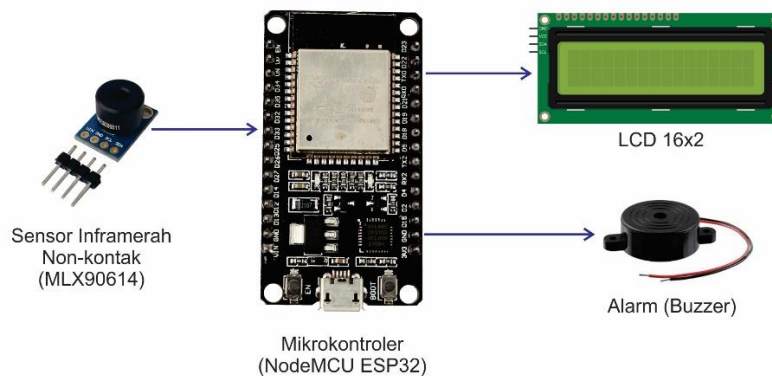
2.2. Desain Perangkat Keras

Berdasarkan diagram blok yang disajikan, sistem perangkat keras ini dirancang sebagai suatu integrasi komponen elektronik yang berfungsi untuk mendeteksi suhu secara non-kontak dan memantau hasil pengukurannya secara real-time. Sistem ini terdiri atas empat komponen utama yang saling terhubung secara fungsional, yaitu: (1) Sensor Inframerah MLX90614, (2) LCD 16x2, (3) Alarm Buzzer, dan (4) Mikrokontroler NodeMCU ESP32.

Sensor Inframerah MLX90614 berfungsi sebagai komponen utama pendeteksi suhu secara non-kontak dengan prinsip pengukuran radiasi inframerah yang dipancarkan oleh objek (Fadli et al., 2024). Keunggulan sensor ini terletak pada kemampuannya mengukur suhu tanpa kontak fisik, sehingga cocok untuk aplikasi yang memerlukan higienitas atau pengukuran pada objek yang bergerak. Output dari sensor ini berupa data digital yang dikirimkan ke mikrokontroler. Mikrokontroler NodeMCU ESP32 berperan sebagai unit pemroses utama yang menerima data dari sensor MLX90614, melakukan komputasi, dan mengendalikan seluruh sistem. Keunggulan ESP32 terletak pada modul WiFi yang terintegrasi, memungkinkan sistem untuk terhubung dengan jaringan IoT (Kusumo & Ardiansyah, 2024).

Komponen LCD 16x2 berfungsi sebagai antarmuka visual yang menampilkan informasi suhu secara *real-time* kepada pengguna, sedangkan Alarm Buzzer berperan sebagai indikator audio yang akan aktif ketika suhu yang terdeteksi melebihi threshold tertentu. Desain sistem ini

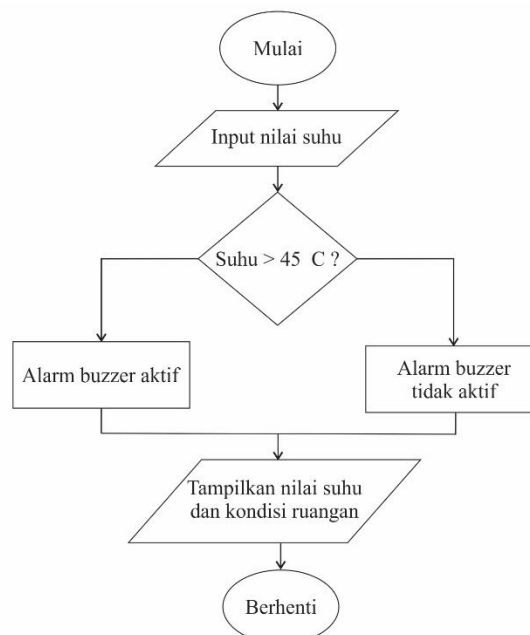
mengoptimalkan akurasi pengukuran, kecepatan respons, dan kemampuan monitoring jarak jauh pada ESP32.



Gambar 2. Diagram blok perangkat keras sistem deteksi kebakaran

2.3. Desain Perangkat Lunak

Desain perangkat lunak untuk deteksi kebakaran ini direpresentasikan dalam bentuk flowchart. Flowchart yang disajikan pada Gambar 3 tersebut menggambarkan alur kerja sistem perangkat lunak. Proses dimulai dengan inisialisasi sistem, yang kemudian dilanjutkan dengan proses akuisisi data suhu dari sensor inframerah non-kontak. Sensor ini bertugas membaca suhu lingkungan secara real-time tanpa memerlukan kontak fisik langsung dengan objek yang diamati, sehingga sangat sesuai digunakan dalam sistem pemantauan suhu pada area yang berisiko tinggi terhadap kebakaran.



Gambar 3. Flowchart sistem deteksi kebakaran

Data suhu yang diperoleh selanjutnya diproses dalam logika “if-then” untuk menentukan apakah suhu melebihi ambang batas kritis, yaitu 45°C. Kondisi ini divisualisasikan dalam bentuk blok keputusan dengan pernyataan logis “Suhu > 45°C?”. Jika hasil evaluasi menunjukkan bahwa suhu melebihi nilai ambang tersebut, maka sistem secara otomatis mengaktifkan alarm berupa buzzer sebagai mekanisme peringatan dini terhadap potensi terjadinya kebakaran. Sebaliknya, apabila suhu masih berada di bawah atau sama dengan ambang batas yang ditentukan, maka

alarm buzzer tidak akan diaktifkan, menandakan bahwa kondisi ruangan masih dalam keadaan aman.

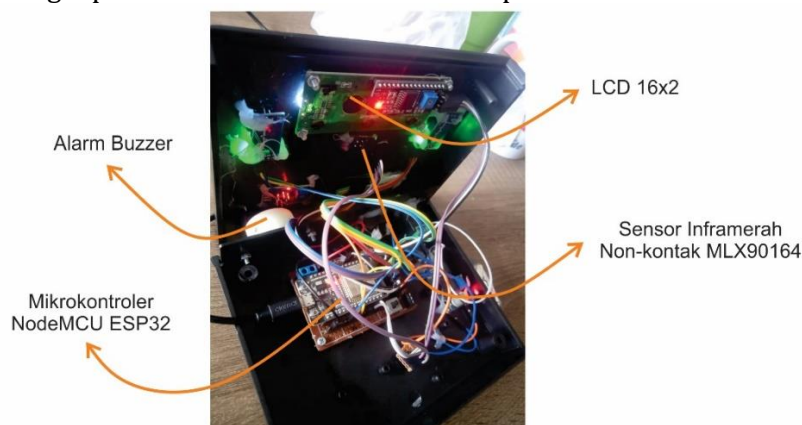
Terlepas dari hasil evaluasi suhu, sistem akan melanjutkan proses dengan menampilkan informasi suhu aktual beserta status kondisi ruangan melalui antarmuka keluaran yang telah disediakan. Informasi ini bertujuan untuk memberikan transparansi dan kemudahan bagi pengguna dalam melakukan pemantauan lingkungan secara langsung. Secara keseluruhan, flowchart ini merepresentasikan logika sistem yang dirancang untuk bekerja secara otomatis, responsif, dan efisien dalam mendeteksi potensi kebakaran melalui pemantauan suhu berbasis sensor inframerah non-kontak.

3. RESULT AND DISCUSSION

3.1. Implementasi Sistem Detektor Kebakaran

Pada tahap implementasi sistem, desain perangkat lunak telah diwujudkan dalam bentuk rangkaian elektronik terpadu yang mengintegrasikan berbagai komponen utama, yaitu mikrokontroler NodeMCU ESP32, sensor suhu non-kontak MLX90614, modul LCD 16x2, dan buzzer sebagai indikator audio. Setiap komponen tersebut dihubungkan secara sistematis melalui kabel jumper sesuai dengan konfigurasi pinout masing-masing, dengan mempertimbangkan kompatibilitas antarmuka dan kebutuhan sinyal input-output.

Sistem ini menggunakan sumber daya berupa adaptor 9 Volt DC dengan kapasitas arus 1 Ampere. Namun, mengingat komponen-komponen elektronik yang digunakan, termasuk NodeMCU ESP32 dan sensor MLX90614, memerlukan tegangan operasional sebesar 5 Volt DC, maka diperlukan regulator penurun tegangan (step-down) LM2596. Modul ini berfungsi untuk mengkonversi tegangan dari 9 Volt menjadi 5 Volt secara stabil dan efisien, sehingga memastikan seluruh komponen bekerja dalam rentang tegangan yang aman dan optimal. Hasil akhir dari implementasi sistem detektor kebakaran ini dapat diamati pada Gambar 4, yang menampilkan konfigurasi fisik lengkap beserta interkoneksi antarkomponen.



Gambar 4. Implementasi detektor kebakaran Gedung

3.2. Pengujian Sensor Non-Kontak MLX90614

Sensor MLX90614 merupakan perangkat berbasis teknologi gelombang inframerah yang dirancang untuk melakukan pengukuran suhu tanpa kontak fisik dengan objek yang diukur. Alat ini bekerja dengan mendeteksi pancaran energi termal yang diemisikan oleh suatu benda, kemudian mengubahnya menjadi besaran suhu yang dapat diukur. Pada intinya, sensor ini dilengkapi dengan elemen thermopile yang bertugas mengubah radiasi inframerah menjadi sinyal listrik berjenis analog.

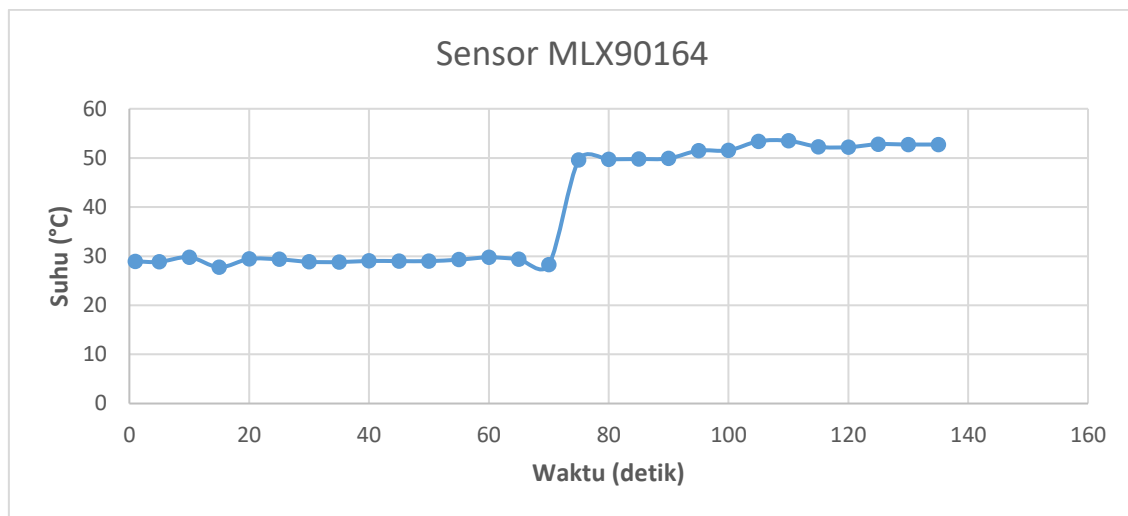
Proses konversi data dilanjutkan oleh unit pemrosesan sinyal digital (DSP) yang terintegrasi dalam sensor tersebut. Unit ini bertanggung jawab untuk mengkalibrasi dan

mengubah sinyal analog menjadi format digital yang dapat dikomunikasikan melalui protokol I2C atau modulasi lebar pulsa (PWM). Salah satu keistimewaan sensor ini adalah kemampuannya melakukan pengukuran pada rentang suhu yang sangat luas, mulai dari -70°C sampai $+380^{\circ}\text{C}$, dengan tingkat ketelitian mencapai $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, semuanya dilakukan tanpa perlu bersentuhan langsung dengan objek yang diukur. Dasar operasi sensor ini mengacu pada prinsip hukum radiasi benda hitam (Hukum Planck), yang menyatakan adanya hubungan proporsional antara intensitas radiasi inframerah dengan temperatur permukaan suatu benda. Untuk meningkatkan akurasi pengukuran, sensor ini secara otomatis melakukan penyesuaian terhadap nilai emisivitas berbagai jenis material melalui algoritma kalibrasi canggih yang tertanam di dalamnya.

Sensor ini perlu di uji untuk mengetahui kehandalan sensor ketika di implementasikan ke dalam detektor kebakaran. Tujuan dari pengujian ini yaitu mengamati hasil pengukuran sensor ketika sensor mendeteksi adanya api di dalam ruangan. Prosedur pengujian dilakukan dengan mengambil data sensor selama 135 detik dengan data di akuisisi setiap kelipatan 5 detik. Hasil pengukuran di catat kemudian di analisis berdasarkan data yang telah di dapatkan. Hasil pengukuran sensor dapat diamati pada Tabel 1 dan representasi data dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 1. Hasil pengukuran sensor MLX90164

No	Waktu (detik)	Pengukuran Sensor MLX90164 ($^{\circ}\text{C}$)
1	1	28,95
2	5	28,83
3	10	29,79
4	15	27,75
5	20	29,43
6	25	29,35
7	30	28,85
8	35	28,79
9	40	29,03
10	45	28,99
11	50	28,99
12	55	29,29
13	60	29,75
14	65	29,37
15	70	28,27
16	75	49,55
17	80	49,71
18	85	49,77
19	90	49,89
20	95	51,49
21	100	51,53
22	105	53,39
23	110	53,49
24	115	52,25
25	120	52,19
26	125	52,79
27	130	52,73
28	135	52,73



Gambar 5. Hasil pengukuran sensor MLX90164 dalam bentuk grafik

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada Gambar 5, teramati adanya perbedaan signifikan antara nilai pengukuran suhu sebelum dan setelah penyalaan api. Data eksperimental menunjukkan bahwa nilai rata-rata suhu yang terdeteksi oleh sensor sebelum adanya stimulus api adalah 29°C, sedangkan setelah penyalaan api, nilai rata-rata meningkat secara signifikan menjadi 52°C. Sistem deteksi kebakaran ini mampu merespon perubahan suhu tersebut dengan waktu respon yang relatif cepat, yaitu sekitar 5 detik setelah terdeteksinya peningkatan suhu. Hasil pengujian ini secara jelas mendemonstrasikan efektivitas sensor MLX90164 sebagai komponen utama dalam sistem deteksi kebakaran. Keunggulan utamanya terletak pada kemampuan pengukuran non-kontak yang lebih responsif dibandingkan dengan sensor suhu konvensional seperti DHT11 atau LM35 yang memerlukan kontak fisik.

3.3. Pengujian Detektor Kebakaran

Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengevaluasi kinerja sistem deteksi kebakaran berbasis sensor inframerah non-kontak melalui observasi respons sistem terhadap variasi kondisi termal sebelum dan setelah penyalaan sumber api. Metodologi pengujian difokuskan pada pengamatan terhadap sistem peringatan dini (*early warning system*) yang diaktifkan ketika sensor mendeteksi perubahan parameter termal. Protokol eksperimen dilaksanakan dengan memantau mekanisme alert system yang terintegrasi dalam detektor, dimana sistem akan mengaktifkan alarm akustik melalui komponen buzzer ketika nilai ambang batas suhu (>45°C) terdeteksi. Data kuantitatif hasil pengamatan disajikan secara komprehensif dalam Tabel 2, yang memuat parameter-parameter kritis dalam evaluasi kinerja sistem.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, diamati bahwa sistem detektor kebakaran dapat bekerja dengan baik pada 10 kali percobaan yang telah dilakukan. Sistem secara otomatis mengaktifkan sistem peringatan dini ketika mendapati adanya api disekitaran sensor. Peringatan dini yang diaktifkan berupa suara yang dihasilkan oleh komponen elektronika buzzer. Temuan ini menunjukkan bahwa penelitian ini menyempurnakan temuan sebelumnya yang dilakukan oleh (Alwi & Chusyairi, 2022; Kalbuana & Kurnianto, 2024; Mainah et al., 2024; Nuryadin et al., 2024) tentang desain detektor kebakaran berbasis sensor.

Tabel 2. Hasil pengukuran detektor kebakaran

No	Hasil Pengukuran MLX90164 (°C)	Alarm Buzzer
1	29,29	Tidak aktif
2	29,25	Tidak aktif

No	Hasil Pengukuran MLX90164 (°C)	Alarm Buzzer
3	29,23	Tidak aktif
4	28,85	Tidak aktif
5	46,95	Aktif
6	46,19	Aktif
7	48,31	Aktif
8	49,27	Aktif
9	49,85	Aktif
10	50,09	Aktif

3. CONCLUSION

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sistem embedded detektor kebakaran berbasis sensor inframerah non-kontak (MLX90614) telah berhasil diimplementasikan dan divalidasi melalui serangkaian pengujian eksperimental. Hasil pengujian menunjukkan performa sistem yang konsisten, dengan karakteristik utama sebagai berikut: (1) kemampuan deteksi suhu yang andal, ditunjukkan oleh perbedaan signifikan antara pembacaan rata-rata suhu ambient (29°C) dan kondisi eksposur api (52°C); (2) responsivitas sistem yang cepat dengan waktu respon rata-rata 5 detik; serta (3) reliabilitas sistem yang terbukti melalui 10 iterasi pengujian dengan hasil yang konsisten. Mekanisme peringatan dini yang diimplementasikan melalui aktivasi buzzer akustik berfungsi optimal sebagai indikator bahaya ketika sistem mendeteksi anomali termal melebihi threshold yang ditetapkan (45°C). Hasil penelitian ini mengkonfirmasi keunggulan pendekatan non-kontak dalam deteksi kebakaran dibandingkan metode konvensional.

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan beberapa aspek penyempurnaan: (1) integrasi multi-sensor untuk meningkatkan akurasi deteksi; (2) implementasi algoritma kecerdasan buatan untuk analisis pola bahaya yang lebih canggih; serta (3) perluasan jaringan sistem berbasis IoT untuk pemantauan area yang lebih luas. Pengembangan tersebut diharapkan dapat meningkatkan kapabilitas sistem dalam berbagai skenario deteksi kebakaran.

ACKNOWLEDGEMENT

Terima kasih kepada kolega dosen yang telah membantu dalam melakukan percobaan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

REFERENCE

- Alwi, F., & Chusyairi, A. (2022). Sistem Deteksi Kebakaran Menggunakan Sensor Asap Dan Sensor Api Berbasis Nodemcu Esp8266 Pada PAUD Mandiri Fachrurozi. *Jurnal Mahasiswa Bina Insani*, 7(1), 23–34.
- Arumsari, F. T., Maulindar, J., & Pradana, A. I. (2023). Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Internet of Things. *INFOTECH Journal*, 9(1), 175–182.
<https://doi.org/10.31949/infotech.v9i1.5317>
- Erfandi, Z., Hartanti, D., & Maulindar, J. (2025). Implementasi Internet of Things (IoT) Untuk Sistem Pemantauan Kebakaran Dini Dengan Notifikasi Telegram dan Alarm. *Infotek : Jurnal Informatika Dan Teknologi*, 8(1), 86–93.
- Fadli, M. N., Alfiansyah, M. W., & Hadi, S. (2024). Body Temperature Classification System Based

- on Fuzzy Logic and The Internet of Things. *Indonesian Journal of Electrical and Electronics Engineering (INAJEEE)*, 7(2), 35–43.
- Fasya, M. R., & Efendi, M. M. (2024). Implementasi Sistem Peringatan Dini Kebakaran Rumah Berbasis Internet Of Things (IoT). *Journal of Computer Science and Information Technology (JCSIT)*, 1(4), 369–378.
- Hadi, S., Cahyati, A. I., Latif, K. A., Sujaka, T. T., & Zulfikri, M. (2023). Smart Farming System pada Tanaman Bawang Merah berbasis Internet of Things. *SISTEMASI: Jurnal Sistem Informasi*, 12(3), 739–753. <http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>
- Hadi, S., & Pangestu, K. A. (2022). Sistem Kantor Pintar Berbasis Internet of Things. *SISTEMASI: Jurnal Sistem Informasi*, 11(2), 377–390. <http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>
- HW, E. A., Tulloh, R., Hadiyoso, S., & Ramadan, D. N. (2021). Sistem Pemantauan dan Pendeteksi Kebakaran berbasis Logika Fuzzy dan Real-time Database. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 9(3), 577. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v9i3.577>
- Kalbuana, N., & Kurnianto, B. (2024). Design of Microcontroller Sensor-Based Smoke Detection System as an Effort for Fire Prevention Desain. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(1), 266–272. <https://scholar.archive.org/work/zk5istfo5nac3ay3ineiwegze/access/wayback/https://journal.irpi.or.id/index.php/malcom/article/download/1158/525>
- Kusumo, B., & Ardiansyah, T. (2024). Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Mikrokontroler Esp32. *Jurnal Elektro*, 12(1), 48–68.
- Mainah, M., Getari, R., Fadillah, R., Restu, R., & Ikhsan, I. (2024). Rancang Alat Pendeteksi Kebakaran Dengan Sensor Asap Menggunakan Arduino Uno. *Jurnal Pustaka Robot Sister (Jurnal Pusat Akses Kajian Robotika, Sistem Tertanam, Dan Sistem Terdistribusi)*, 2(1), 1–4. <https://doi.org/10.55382/jurnalpustakarobotsister.v2i1.435>
- Mulyadi, R., Putra, N., & Angelin, N. (2023). Sosialisasi Mitigasi Bencana Kebakaran Menggunakan Alat Deteksi Kebakaran Berbasis IOT Pada Mahasiswa Trem Institusi Kesehatan dan Teknologi AL Insyirah. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknik*, 6(1), 33–42. <https://doi.org/10.24853/jpmt.6.1.33-42>
- Nuryadin, R. A., Yusuf, A. R., & Reza, M. (2024). Prototype Sistem Deteksi Kebakaran Menggunakan Sensor Mq-2 Dan Flame Sensor Berbasis IoT. *Jurnal Riset Dan Aplikasi Mahasiswa Informatika (JRAMI)*, 05(04), 877–885.
- Saputro, U. A., & Tuslam, A. (2022). Sistem Deteksi Kebakaran Berbasis Internet Of Things Dengan Pesan Peringatan Menggunakan NodeMCU ESP8266 Dan Platform ThingSpeak. *Jurnal Infomedia: Teknik Informatika, Multimedia & Jaringan*, 7(1), 24–30. <https://doi.org/10.30811/jim.v7i1.2958>