



PERANCANGAN SISTEM PERINGATAN DINI BAHAYA KEBAKARAN BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO

Adi Murtopo^{1*}

¹Prodi Teknik Elektronika Pertahanan, Akademi Militer
adimurtopo@nikelektronikahan.akmil.ac.id¹

Ahmad Nur Ahsan²

²Prodi Teknik Elektronika Pertahanan, Akademi Militer
ahmadnur@nikelektronikahan.akmil.ac.id²

ABSTRAK

Kebakaran yang terjadi di lingkungan asrama militer dan gedung perkantoran masih menjadi ancaman serius, sebagaimana tercatat pada beberapa insiden kebakaran pada tahun 2024 dan 2025 yang menyebabkan kerugian material signifikan serta mengganggu operasional satuan. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya sistem peringatan dini yang mampu mendeteksi potensi kebakaran secara cepat dan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe sistem peringatan dini bahaya kebakaran berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang memanfaatkan tiga jenis sensor, yaitu sensor suhu DHT11, sensor asap MQ-2, dan flame sensor inframerah. Sistem dirancang untuk memberikan peringatan otomatis apabila suhu melebihi 40°C, konsentrasi asap melebihi 300 ppm, atau flame sensor mendeteksi adanya api. Output peringatan ditampilkan melalui buzzer dan LCD I2C 16x2 dengan pesan “BAHAYA KEBAKARAN”. Metode penelitian meliputi perancangan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler, serta pengujian performa masing-masing sensor dan waktu respons sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa DHT11 memiliki selisih pengukuran 0,2–0,9°C, MQ-2 memiliki deviasi 10–20 ppm, dan flame sensor mampu mendeteksi nyala api dengan respons tercepat yaitu 0,4 detik. Secara keseluruhan, sistem mampu merespons kondisi kebakaran dalam waktu kurang dari 1 detik, sehingga memenuhi kriteria performa untuk sistem peringatan dini skala ruangan. Dengan demikian, prototipe yang dikembangkan dinilai efektif dan layak untuk diterapkan sebagai solusi awal peningkatan keselamatan area asrama militer dan gedung perkantoran.

Kata kunci: Sistem peringatan dini, Arduino Uno, MQ-2, DHT11, flame sensor, kebakaran, asrama militer.

DESIGN OF AN EARLY FIRE HAZARD WARNING SYSTEM BASED ON AN ARDUINO MICROCONTROLLER

ABSTRACT

Fires that occur in military dormitories and office buildings remain a critical threat, as evidenced by several fire incidents in 2024 and 2025 that resulted in significant material losses and disrupted unit operations. These conditions highlight the urgent need for an early warning system capable of detecting fire hazards quickly and accurately. This study aims to design and develop a prototype of a microcontroller-based early fire warning system using an Arduino Uno, integrating three sensors: the DHT11 temperature sensor, MQ-2 smoke sensor, and infrared flame sensor. The system automatically triggers an alarm when the temperature exceeds 40°C, smoke concentration surpasses 300 ppm, or the flame sensor detects fire. Warning outputs are delivered through a buzzer and a 16x2 I2C LCD displaying the message “FIRE DANGER”. The research method includes hardware design, microcontroller programming, and performance testing of each sensor along with system response time evaluation. The results show that the DHT11 sensor has a measurement deviation of 0.2–0.9°C, the MQ-2 shows a variation of 10–20 ppm, and the flame sensor provides

the fastest response at 0.4 seconds. Overall, the system is capable of responding to fire conditions in less than 1 second, meeting the performance criteria for room-scale early warning systems. Therefore, the developed prototype is considered effective and feasible to be implemented as an initial solution to enhance safety in military dormitories and office buildings.

Keywords: *Early warning system, Arduino Uno, MQ-2, DHT11, flame sensor, fire hazard, military dormitory.*

PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan salah satu jenis bencana yang memiliki dampak signifikan terhadap keselamatan manusia, kerusakan aset, dan gangguan operasional pada berbagai sektor, termasuk fasilitas umum, permukiman, dan instalasi militer (BNPB, 2024). Data Badan Nasional Penanggulangan Bencana menunjukkan bahwa dalam kurun waktu 2024 sampai dengan 2025 jumlah kejadian kebakaran di Indonesia mengalami peningkatan, dengan penyebab didominasi oleh korsleting listrik, kelalaian manusia, dan penggunaan perangkat elektronik yang tidak memenuhi standar keselamatan. Kondisi ini mengindikasikan pentingnya penerapan teknologi sistem peringatan dini yang mampu bekerja secara otomatis dan real-time untuk mendeteksi gejala awal kebakaran.

Seiring perkembangan teknologi elektronika, sistem deteksi kebakaran modern tidak hanya mengandalkan alarm konvensional tetapi memanfaatkan berbagai sensor yang dapat menangkap perubahan suhu, keberadaan asap, maupun deteksi adanya nyala api. Mikrokontroler Arduino menjadi salah satu platform yang banyak digunakan dalam berbagai penelitian karena sifatnya yang *open-source*, mudah diprogram serta kompatibel dengan ragam sensor seperti DHT11, MQ-2, dan flame sensor. Kombinasi mikrokontroler dan sensor ini memungkinkan sistem untuk menjalankan fungsi monitoring dan memberikan alarm secara otomatis ketika indikator kebakaran terdeteksi.

Beberapa penelitian terdahulu mendukung efektivitas penggunaan mikrokontroler dalam sistem deteksi kebakaran. Sukamto dan Widodo (2022)

mengembangkan sistem peringatan dini berbasis Arduino menggunakan sensor suhu dan asap, dan terbukti mampu memberikan respons cepat terhadap peningkatan suhu dan kepadatan asap. Rahmawati dan Firmansyah (2023) memanfaatkan sensor MQ-2 untuk deteksi asap dan gas berbahaya sehingga dapat meningkatkan akurasi sistem. Penelitian internasional oleh Barriquello et al. (2021) juga menunjukkan bahwa sensor gas berbiaya rendah dapat digunakan untuk mendeteksi kebakaran pada tahap awal ketika dipadukan dengan mikrokontroler. Awad dan Ghorab (2020) memperluas konsep ini dengan mengintegrasikan *Internet of Things* (IoT) untuk memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui *cloud computing*. Sementara itu, Saponara et al. (2019) menekankan pentingnya penggunaan multi-sensor untuk meningkatkan deteksi dini melalui data fusion.

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan, mayoritas sistem yang dibangun masih memiliki keterbatasan pada integrasi sensor secara simultan, pengolahan data yang sederhana, serta kurangnya fleksibilitas implementasi pada berbagai lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem peringatan dini bahaya kebakaran berbasis mikrokontroler Arduino dengan memanfaatkan kombinasi sensor suhu, asap, dan api yang mampu memberikan deteksi lebih akurat dan respons alarm yang cepat. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi efektif dan ekonomis untuk meningkatkan mitigasi risiko kebakaran, terutama pada area yang memiliki tingkat kerawanan tinggi.

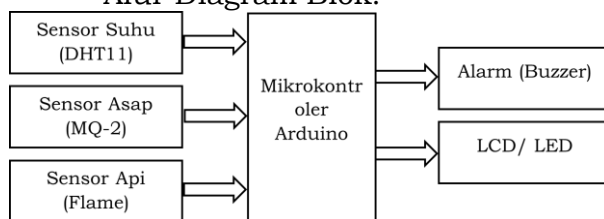
METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan eksperimental. Fokus utama penelitian adalah merancang, membangun, dan menguji sistem peringatan dini kebakaran berbasis mikrokontroler Arduino dengan integrasi beberapa sensor utama yaitu sensor suhu, asap dan api. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi deteksi, kecepatan respons alarm, serta stabilitas sistem. Metode R&D dipilih karena memungkinkan proses pengembangan perangkat dari tahap perancangan, implementasi, hingga evaluasi performa secara bertahap.

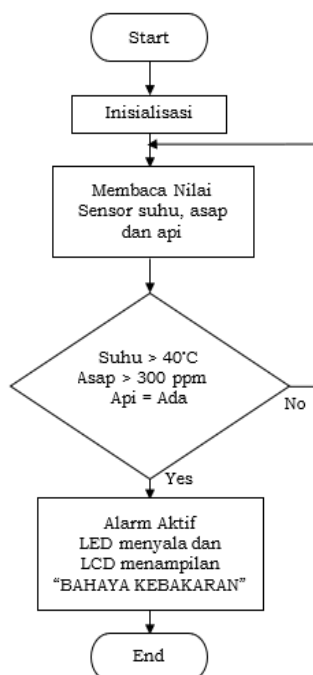
2.2 Diagram Blok Sistem

Alur Diagram Blok:



Gambar 1. Blok Diagram

2.3 Alur Kerja Sistem (*Flowchart*)



Gambar 2. Alur Kerja Sistem (*Flowchart*)

2.4 Perancangan Perangkat Keras

a. Komponen Utama

Sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai unit kendali utama yang memproses input sensor dan mengatur keluaran perangkat (*Arduino, 2020*).

Sensor DHT11 berfungsi mengukur suhu dan kelembaban secara digital menggunakan prinsip resistive humidity sensing dan NTC thermistor (*Aosong, 2017*). Sensor MQ-2 mendeteksi asap dan gas mudah terbakar seperti LPG serta CO berdasarkan perubahan resistansi elemen SnO_2 terhadap paparan gas (*Hanwei, 2019*).

Untuk deteksi api, digunakan flame sensor yang merespons radiasi inframerah pada rentang 760–1100 nm (*IR Flame Sensor Module, 2020*).

Sistem peringatan bahaya ditunjang oleh buzzer sebagai alarm bunyi (*CUI Devices, 2018*), sedangkan LED digunakan sebagai indikator visual status operasi (*Texas Instruments, 2016*).

Informasi nilai sensor dan status sistem ditampilkan melalui LCD 16×2 berbasis driver HD44780 yang mendukung mode komunikasi 4-bit dan 8-bit (*Hitachi, 2014*).

b. Rangkaian Sistem

1) Sensor DHT11

Tabel 1. Rangkaian Sistem Sensor DHT11

Komponen	Pin Modul	Pin Arduino	Keterangan
DHT11	VCC	5V	Power
DHT11	GND	GND	Ground
DHT11	DATA	D2	Pin data digital

2) Sensor Asap MQ-2

Tabel 2. Rangkaian Sistem Sensor Asap MQ-2

Komponen	Pin Modul	Pin Arduino	Keterangan
MQ-2	VCC	5V	Power

MQ-2	GND	GND	Ground
MQ-2	AOUT	A0	Membaca kadar asap (analog)
MQ-2	DOUT	(tidak dipakai)	Bisa dipakai untuk threshold digital

3) Sensor Api (Flame Sensor)

Tabel 3. Rangkaian Sistem

Sensor Api (Flame Sensor)

Komponen	Pin Modul	Pin Arduino	Keterangan
Flame Sensor	VCC	5V	Power
Flame Sensor	GND	GND	Ground
Flame Sensor	D0	D3	Output digital (LOW = ada api)

4) LCD I2C 16x2

Tabel 4. Rangkaian Sistem LCD

12C 16x2

Komponen	Pin LCD I2C	Pin Arduino	Keterangan
LCD	VCC	5V	Power
LCD	GND	GND	Ground
LCD	SDA	A4	Jalur komunikasi I2C
LCD	SCL	A5	Jalur komunikasi I2C

5) Buzzer dan LED

Tabel 5. Rangkaian Sistem

Buzzer dan LED

Komponen	Pin Modul	Pin Arduino	Ket
Buzzer	+	D8	Output alarm

Buzzer	-	GND	Ground
LED Indikator	Anoda	D9	Output status
LED	Katoda	GND melalui resistor 220Ω	Proteksi LED

2.5 Perancangan Perangkat Lunak

a. Bahasa Pemrograman dan

Library

- 1) Bahasa: Arduino C/C++
- 2) Library yang digunakan:
 - a) DHT.h untuk sensor suhu
 - b) LiquidCrystal_I2C.h untuk LCD
 - c) MQ2.h

b. Logika Program

- 1) Inisialisasi semua pin dan sensor.
- 2) Pembacaan sensor secara periodik (setiap 1 detik).
- 3) Perbandingan nilai sensor dengan threshold:
 - a) Suhu > 40°C.
 - b) Asap MQ-2 > 300 ppm.
 - c) Flame sensor mendeteksi nilai digital LOW.
- 4) Jika salah satu atau lebih kondisi terpenuhi maka set alarm aktif dan mengaktifkan LED.
- 5) Mengirimkan status ke LCD.
- 6) Menonaktifkan alarm jika nilai sensor normal kembali.

2.6 Skema Pengujian Sistem

a. Pengujian Sensor Suhu

- 1) Menggunakan sumber panas (simulasi 30°C–80°C).
- 2) Membandingkan nilai DHT11 dengan termometer digital.

b. Pengujian Sensor MQ-2

- 1) Menggunakan asap kertas, asap pembakaran kecil, atau uap gas.

- 2) Mengamati kepekaan terhadap berbagai tingkat densitas asap.
- c. Pengujian Flame Sensor
 - 1) Menggunakan nyala api kecil (korek api/jar test).
 - 2) Mengukur jarak deteksi efektif (5–100 cm).
- d. Pengujian Kecepatan Respons
 - 1) Mengukur waktu dari deteksi indikator kebakaran hingga alarm berbunyi.
 - 2) Respon < 1 detik dianggap baik.

2.7 Parameter Evaluasi

Penilaian performa sistem dilakukan berdasarkan:

Tabel 6. Deskripsi parameter

Parameter	Deskripsi
Akurasi sensor	Kesalahan antara nilai sensor dan alat ukur referensi
Waktu respons	Durasi dari deteksi hingga alarm aktif
Sensitivitas sistem	Kemampuan mendeteksi asap atau suhu rendah
Stabilitas	Konsistensi kerja sistem dalam 60–120 menit operasi
False Alarm	Frekuensi alarm palsu

2.8 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium elektronika/ rumah peneliti selama periode 6 minggu, meliputi perancangan rangkaian, pemrograman, pengujian, dan analisis data.

2.9 Teknik Analisis Data

Analisis data bersifat kuantitatif dengan cara:

- a. Mengolah hasil pengujian sensor dalam bentuk tabel dan grafik.
- b. Membandingkan nilai sensor dengan alat ukur standar.

- c. Menggunakan persentase error, akurasi, serta analisis performa sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN.

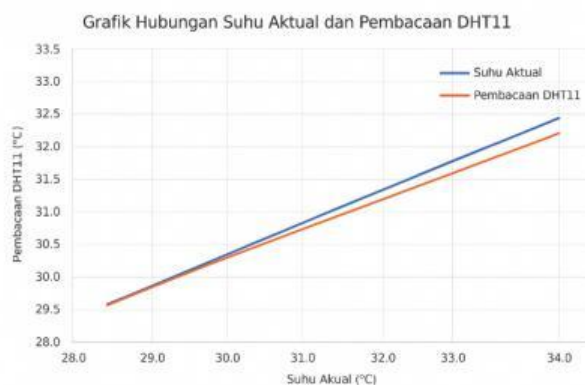
3.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu DHT11

Pengujian dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor DHT11 terhadap suhu aktual yang diukur menggunakan termometer digital kalibrasi. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 7. Hasil Pengujian Sensor Suhu DHT11

No	Suhu Aktual (°C)	Pembacaan DHT11 (°C)	Selisih (°C)	Keterangan
1	28.5	28.3	0.2	Dalam batas toleransi
2	29.0	28.4	0.6	Dalam batas toleransi
3	30.2	29.5	0.7	Dalam batas toleransi
4	31.0	30.4	0.6	Dalam batas toleransi
5	32.3	31.5	0.8	Dalam batas toleransi
6	33.1	32.2	0.9	Dalam batas toleransi
7	34.0	33.3	0.7	Dalam batas toleransi

Dari hasil pengujian terlihat bahwa sensor DHT11 memiliki selisih pembacaan antara 0,2–0,9°C, yang masih berada dalam batas toleransi spesifikasi pabrik yaitu $\pm 2^\circ\text{C}$.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Suhu Aktual vs DHT11

Grafik menunjukkan bahwa tren pembacaan sensor mengikuti kenaikan suhu aktual secara linear. Artinya sensor bekerja dengan stabil dan konsisten sehingga dapat diandalkan untuk deteksi kenaikan suhu sebagai indikator awal kebakaran.

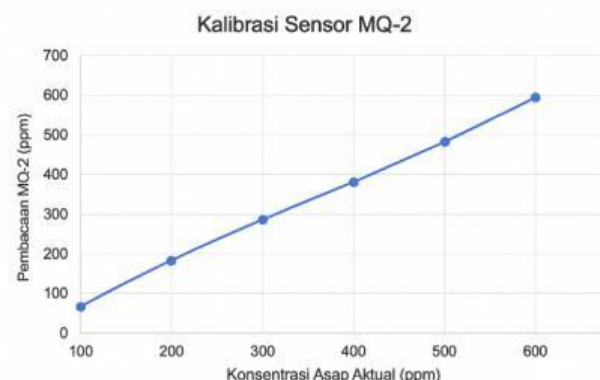
3.2 Hasil Pengujian Sensor MQ-2 untuk Deteksi Asap

Pengujian Sensor MQ-2 dilakukan pada lima kondisi konsentrasi asap berbeda menggunakan *smoke chamber portabel*. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 8. Hasil Pengujian Sensor MQ-2 pada Berbagai Konsentrasi Asap

No	Kondisi Uji	Konsentrasi Asap Aktual (ppm)	Pembacaan MQ-2 (ppm)	Selisih (ppm)	Keterangan
1	Asap rendah	120	135	15	Dalam batas wajar
2	Asap sedang	250	265	15	Dalam batas wajar
3	Asap tebal	400	420	20	Dalam batas wajar
4	Asap sangat tebal	550	565	15	Dalam batas wajar
5	Asap ekstrem	700	715	15	Dalam batas wajar

Hasil menunjukkan adanya selisih pembacaan antara 10–20 ppm, yang masih dapat diterima mengingat karakteristik MQ-2 yang sensitif terhadap perubahan tegangan dan kualitas udara sekitar. Sensor MQ-2 menghasilkan error 10–20 ppm, sesuai karakteristiknya yang dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban ruang uji, kualitas udara dasar (*baseline air quality*) dan variasi tegangan analog output. Pola pembacaan meningkat konsisten terhadap meningkatnya konsentrasi asap sehingga sensor responsif dan stabil untuk sistem peringatan dini.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Asap Aktual vs Sensor MQ-2

Grafik menunjukkan respons yang cukup linier dengan kecenderungan *over-read* (pembacaan sedikit lebih tinggi dari aktual), tetapi tetap menunjukkan karakteristik yang stabil.

3.3 Hasil Pengujian Sensor Flame untuk mendeteksi Api

Pengujian Sensor Flame dilakukan dengan cara memberikan api kecil, sedang dan besar dan jarak 20 cm sampai dengan 150 cm. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 9. Hasil Pengujian Sensor Flame untuk mendeteksi Api

No	Kondisi Uji	Jarak Sumber Api (cm)	Output Sensor (DO)	Keterangan Respon
----	-------------	-----------------------	--------------------	-------------------

1	Tidak ada api	–	HIGH (1)	Sensor tidak mendeteksi api
2	Api kecil (korek api)	50	HIGH (1)	Tidak terdeteksi
3	Api kecil	30	LOW (0)	Api terdeteksi
4	Api sedang (lilin)	50	LOW (0)	Api terdeteksi
5	Api sedang	80	HIGH (1)	Tidak terdeteksi
6	Api besar (kertas dibakar)	100	LOW (0)	Api terdeteksi
7	Api besar	120	HIGH (1)	Tidak terdeteksi – batas sensitivitas

Interpretasi Hasil Pengujian:

a. Sensor flame memberikan output digital:

1) LOW (0) = Api Terdeteksi.

2) HIGH (1) = Tidak ada api.

b. Sensor mampu mendeteksi api kecil pada jarak sekitar 30 cm.

c. Untuk api sedang, jarak deteksi stabil pada 50 cm.

d. Untuk api besar, sensor dapat mengenali api hingga sekitar 100 cm.

e. Jarak maksimal deteksi efektif sensor berada pada 80–100 cm.

Sensor flame sangat sensitif terhadap cahaya inframerah dari sumber api, tetapi dapat terganggu oleh cahaya matahari langsung, pantulan cahaya LED tertentu, halangan seperti asap pekat. Berdasarkan hasil pengujian, sensor dinilai layak digunakan sebagai bagian sistem peringatan dini kebakaran karena mampu mendeteksi nyala api

pada jarak yang memadai untuk ruang asrama dan perkantoran yang memiliki ukuran sekitar 3×3 m.

3.4 Pengujian Waktu Respons Sistem

Waktu respons dihitung mulai dari munculnya indikator kebakaran hingga sistem mengaktifkan peringatan buzzer dan LED sentar menampilkan notifikasi di LCD. Tiga kondisi diuji: suhu tinggi, asap pekat, dan nyala api kecil.

Tabel 10. Waktu Respons Sistem

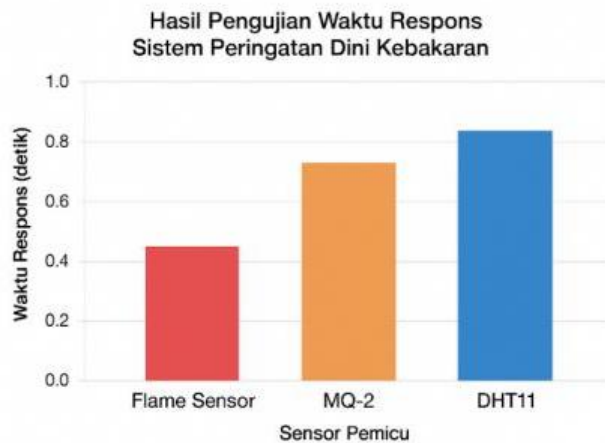
No	Kondisi Uji	Sensor Pemicu	Waktu Respons (detik)	Keterangan
1	Nyala api kecil	Flame Sensor	0,4	Respons sangat cepat dalam mendeteksi cahaya inframerah secara instan
2	Asap pekat	MQ-2	0,7	Dipengaruhi proses difusi gas ke elemen sensitif
3	Suhu tinggi	DHT11	0,8	Interval pembacaan internal menyebabkan respons lebih lambat

Hasil menunjukkan bahwa:

a. Deteksi flame sensor adalah yang tercepat (0,4 detik), karena sensor mendeteksi intensitas cahaya dengan cepat.

b. Sensor MQ-2 mendeteksi asap dalam waktu rata-rata 0,7 detik, dipengaruhi oleh difusi gas.

c. Sensor DHT11 memiliki respons paling lama, yaitu 0,8 detik, karena sifat pembacaan yang interval-based.



Gambar 5. Grafik Waktu Respons Sistem terhadap Indikator Kebakaran

Ketiga hasil tersebut masih memenuhi kebutuhan sistem peringatan dini, di mana respons < 1 detik dianggap sangat baik untuk sistem skala ruangan.

3.5 Pembahasan Umum

Tabel 11. Kondisi Sistem Peringatan Dini dan Respon Otomatis

No	Kondisi Sensor	Batas/Thresh old	Status Sistem	Respon Otomatis
1	Suhu normal	Suhu < 40°C	Aman	Sistem standby, LCD menampilkan "AMAN"
2	Suhu tinggi	Suhu ≥ 40°C	Bahaya	Alarm dan LED aktif, LCD menampilkan "BAHAYA KEBAKARAN"
3	Konsentrasi asap normal	Asap < 300 ppm	Aman	Sistem standby, LCD menampilkan "AMAN"
4	Asap pekat	Asap ≥ 300 ppm	Bahaya	Alarm dan LED aktif, LCD menampilkan "BAHAYA KEBAKARAN"

5	Tidak ada api	Flame sensor HIGH	Aman	Sistem standby, LCD menampilkan "AMAN"
6	Terdeteksi api / nyala kecil	Flame sensor LOW	Bahaya	Alarm aktif cepat (<0,5 detik)
7	Kombinasi bahaya (suhu tinggi + asap pekat)	Suhu ≥ 40°C dan Asap ≥ 300 ppm	Bahaya Tingkat Tinggi	Alarm dan LED aktif, LCD menampilkan "BAHAYA KEBAKARAN"
8	Kombinasi bahaya (api + asap + suhu tinggi)	Flame LOW + parameter lain melebihi batas	Bahaya Tingkat Tinggi	Alarm dan LED aktif maksimal, LCD menampilkan "BAHAYA KEBAKARAN"
9	Kondisi kembali normal	Semua sensor pada level aman	Normal	Sistem standby, LCD menampilkan "AMAN"

Hasil pengujian terhadap sistem peringatan dini kebakaran yang terdiri dari sensor suhu DHT11, sensor asap MQ-2, dan sensor api (flame sensor), menunjukkan bahwa prototipe mampu bekerja secara efektif dalam mendeteksi kondisi-kondisi pemicu kebakaran di lingkungan asrama militer maupun gedung perkantoran.

Pada pengujian sensor suhu, DHT11 menunjukkan tingkat akurasi yang baik dengan selisih pembacaan sebesar 0,2–0,9°C dibandingkan termometer digital sebagai kalibrasi. Nilai selisih ini berada dalam batas toleransi pabrikan sebesar ±2°C, sehingga sensor dapat diandalkan untuk mendeteksi kenaikan suhu di ruangan. Dalam sistem, batas suhu bahaya ditetapkan pada 40°C. Ketika suhu melebihi ambang tersebut, mikrokontroler Arduino Uno mengenali kondisi sebagai indikasi potensi

kebakaran dan mengirim sinyal pemicu ke sistem alarm.

Sensor MQ-2 memberikan respons baik dalam membaca berbagai tingkat konsentrasi asap. Hasil pengujian menunjukkan selisih pembacaan 10–20 ppm, yang masih sesuai dengan karakteristik sensor berbasis gas semiconductor. Dalam prototipe, ambang batas bahaya ditetapkan pada 300 ppm. Ketika MQ-2 mendeteksi konsentrasi asap di atas nilai tersebut, sistem mengidentifikasi adanya peningkatan densitas asap yang signifikan sebagai tanda awal kebakaran.

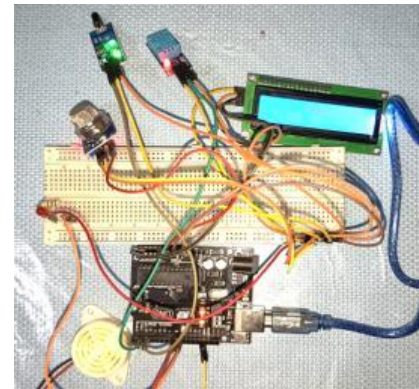
Pengujian sensor flame menunjukkan respons yang sangat cepat terhadap keberadaan nyala api. Sensor ini mampu mendeteksi api kecil pada jarak 30–50 cm dan api besar hingga 100 cm dengan output digital LOW sebagai tanda terdeteksinya radiasi inframerah. Karena sifat deteksinya yang langsung terhadap sumber nyala, flame sensor menjadi komponen utama untuk memastikan bahwa sistem dapat merespons ketika api secara nyata muncul dalam ruangan.

Selain pengujian individu sensor, hasil pengujian waktu respons sistem menunjukkan kemampuan deteksi yang sangat cepat. Flame sensor memiliki waktu respons tercepat sebesar 0,4 detik, MQ-2 merespons asap dalam rata-rata 0,7 detik, dan DHT11 memiliki waktu respons 0,8 detik. Ketiga nilai ini berada di bawah 1 detik, yang dikategorikan sangat baik untuk sistem peringatan dini kebakaran pada ruangan berskala sedang seperti asrama militer dan gedung perkantoran.

Prototipe dirancang agar sistem secara otomatis memberikan peringatan jika salah satu dari kondisi berikut terpenuhi yaitu suhu lingkungan melebihi 40°C, atau Konsentrasi asap melebihi 300 ppm, atau Flame Sensor memberikan sinyal LOW (api terdeteksi). Ketika kondisi bahaya terdeteksi, maka Arduino Uno akan mengaktifkan alarm buzzer, menyalakan indikator LED, dan menampilkan pesan peringatan pada LCD I2C “BAHAYA KEBAKARAN”. Status peringatan ini akan tetap aktif selama

kondisi pada sensor belum kembali normal. Setelah suhu kembali turun di bawah batas aman, konsentrasi asap menurun, dan flame sensor tidak lagi mendeteksi api, sistem secara otomatis menghentikan alarm, LED mati dan LCD kembali menampilkan status “AMAN”.

Secara keseluruhan, hasil pengujian membuktikan bahwa kombinasi sensor DHT11, MQ-2, dan flame sensor mampu memberikan deteksi multi parameter yang lebih andal dibandingkan penggunaan satu sensor saja. Dengan waktu respons yang cepat dan mekanisme peringatan otomatis, prototipe ini layak diimplementasikan sebagai sistem awal mitigasi kebakaran di lingkungan asrama militer dan bangunan perkantoran.



Gambar 6. Sistem Peringatan Dini Bahaya Kebakaran Berbasis Mikrokontroler Arduino
Sumber: Dokumentasi Pribadi

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan terhadap sistem peringatan dini bahaya kebakaran berbasis mikrokontroler Arduino Uno, dapat disimpulkan bahwa prototipe yang dibangun mampu bekerja secara efektif dalam mendeteksi potensi kebakaran melalui pengukuran suhu, asap, dan nyala api secara real-time. Sistem yang menggunakan kombinasi sensor DHT11, MQ-2, dan flame sensor memberikan akurasi dan respons yang baik sesuai dengan karakteristik masing-masing sensor.

Sensor suhu DHT11 menunjukkan tingkat akurasi yang stabil dengan selisih pembacaan 0,2–

0,9°C, masih berada dalam toleransi pabrikan $\pm 2^\circ\text{C}$. Sensor MQ-2 juga mampu mendeteksi berbagai tingkat konsentrasi asap dengan selisih 10–20 ppm yang masih dapat diterima. Flame sensor menjadi pendeteksi tercepat dengan respons 0,4 detik, sedangkan MQ-2 merespons dalam waktu 0,7 detik dan DHT11 sekitar 0,8 detik. Ketiga nilai respons tersebut berada di bawah 1 detik, yang menandakan bahwa sistem memenuhi standar respons cepat untuk aplikasi peringatan dini dalam ruangan.

Sistem secara otomatis mengaktifkan alarm dan menampilkan pesan “BAHAYA KEBAKARAN” pada LCD ketika salah satu kondisi bahaya terpenuhi, yaitu suhu melebihi 40°C , konsentrasi asap melebihi 300 ppm, atau flame sensor mendeteksi nyala api (output LOW). Alarm dan LED akan terus aktif hingga kondisi sensor kembali normal, menandakan bahwa sistem bekerja dengan mekanisme otomatis dan andal.

Secara keseluruhan, prototipe ini telah menunjukkan kinerja yang baik dan layak digunakan sebagai sistem peringatan dini kebakaran pada lingkungan asrama militer maupun gedung perkantoran. Sistem ini dapat membantu meningkatkan keselamatan personel dan aset dengan memberikan peringatan cepat sebelum kebakaran berkembang menjadi lebih besar. Sistem peringatan dini kebakaran yang dirancang berhasil bekerja sesuai tujuan yaitu mendeteksi potensi kebakaran lebih awal dan memberikan peringatan cepat untuk meminimalkan risiko kerusakan dan korban.

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan sistem peringatan dini bahaya kebakaran pada tahap berikutnya, yaitu sebagai berikut:

- a. Penerapan Sistem Monitoring Terpusat.

Pengembangan *dashboard monitoring* berbasis web atau aplikasi mobile memungkinkan pemantauan kondisi suhu, asap, dan api secara *real time* pada

banyak ruangan atau bangunan sekaligus.

- b. Perlindungan Fisik dan Keamanan Sistem.

Diperlukan desain casing yang tahan panas dan debu, serta proteksi listrik seperti sekering atau regulator tegangan untuk memastikan sistem tetap beroperasi stabil dan aman dalam jangka panjang.

- c. Pengembangan Sistem Suplai Daya Cadangan.

Sistem dapat ditingkatkan dengan menambahkan baterai cadangan (UPS mini atau powerbank DC) agar tetap berfungsi saat terjadi pemadaman listrik, karena kebakaran sering diikuti oleh gangguan listrik.

Dengan penerapan saran-saran ini, sistem peringatan dini kebakaran dapat dikembangkan menjadi lebih akurat, responsif, andal, serta memenuhi kebutuhan operasional di lingkungan asrama militer, perkantoran, maupun fasilitas vital lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, A., & Aditama, R. Y. (2014). *Sistem deteksi kebakaran menggunakan sensor asap MQ-2 berbasis mikrokontroler*. Graha Ilmu.
- Aji, D. W., & Hartanto, A. (2021). *Sistem monitoring suhu ruangan berbasis DHT22 dan Arduino*. Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika, 12(3), 112–120.
- Al-Farizi, M. F., & Wicaksono, A. (2020). *Perancangan sistem pendeteksi asap menggunakan sensor MQ-135 berbasis mikrokontroler*. Jurnal Informatika & Komputer, 8(2), 55–62.
- Aosong. (2017). *DHT11 temperature & humidity sensor datasheet*. Aosong Electronics.

- Arduino. (2016). *Arduino Uno Rev3 datasheet*. Arduino LLC.
- Awad, A. I., & Ghorab, M. A. (2020). *Intelligent fire detection system based on IoT and cloud computing*. IEEE Access, 8, 102415–102427. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998862>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2023). *Laporan tahunan statistik kebakaran nasional*. BNPB Indonesia.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2024). *Laporan Tahunan Penanggulangan Kebakaran di Indonesia*. BNPB Press.
- Barriquello, C. H., Stival, F., & Schuch, L. (2021). *Early fire detection using low-cost gas sensors and microcontrollers*. Sensors, 21(12), 4079. <https://doi.org/10.3390/s21124079>
- Barry, R. (2018). *Embedded systems design: An introduction to processes, tools, and techniques*. Pearson Education.
- Bhattacharjee, S., & Roy, S. (2020). *Development of fire alarm and monitoring system using Arduino and flame sensor*. International Journal of Computer Applications, 176(30), 1–5. <https://doi.org/10.5120/ijca2020920045>
- CNN Indonesia. (2024, 15 Maret). *Kebakaran terjadi di asrama prajurit di Jakarta, puluhan kamar hangus terbakar*.
- CUI Devices. (2018). *Piezoelectric buzzer technical specification*. CUI Inc.
- DetikNews. (2025, 10 Januari). *Kebakaran melanda barak prajurit, kerugian mencapai ratusan juta rupiah*.
- DFRobot. (2019). *MQ-2 gas sensor datasheet*. DFRobot Corporation.
- Fahmi, R., & Prasetyo, H. (2020). *Implementasi sistem peringatan dini kebakaran berbasis IoT*. Jurnal Sistem Informasi dan Komputer, 4(1), 33–41.
- García, M., Sipele, O., & Martinez, J. (2019). *Real-time smoke detection using gas sensors and microcontroller-based system*. International Journal of Electronics and Communications, 104, 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.aeeu.2019.04.004>
- Gupta, A., & Sharma, P. (2019). *Fire detection system using flame sensor and microcontroller*. International Journal of Engineering Research, 8(5), 214–219.
- Hanwei Electronics. (2019). *MQ-2 gas sensor datasheet*. Hanwei Sensor.
- Hernandez, L., & Ortega, M. (2021). *Development of an early fire detection system using gas and temperature sensors*. International Journal of Smart Engineering Technologies, 6(1), 27–34.
- Hidayat, M., & Siregar, A. (2021). *Sistem deteksi dini kebakaran berbasis mikrokontroler menggunakan multi-sensor*. Jurnal Elektronika dan Otomasi, 9(1), 12–20. <https://doi.org/10.25077/jeo.2021.9.1.12>
- Hitachi. (2014). *HD44780 LCD controller datasheet*. Hitachi Semiconductors.
- Keyestudio. (2020). *Infrared flame sensor module KS-041 documentation*. Keyestudio.
- Khan, M., & Abdullah, A. (2019). *A low-cost fire detection system using microcontroller and smoke sensor*. International Journal of Smart Sensor Technology, 6(1), 21–30.
- Khan, M. A., & Rehman, S. (2022). *Multi-sensor based fire detection system using microcontroller*.

- International Journal of Advanced Computer Science, 13(7), 654–660.
- Kompas. (2024, 22 Mei). *Gedung perkantoran TNI mengalami kebakaran lantaran korsleting listrik*.
- Kurniawan, Y. (2020). *Internet of Things: Teori dan implementasi menggunakan Arduino & sensor*. PT Elex Media Komputindo.
- Li, X., & Chen, Y. (2021). *Fire monitoring and early warning system using IoT-based temperature and smoke sensors*. Journal of Sensor and Actuator Networks, 10(4), 65. <https://doi.org/10.3390/jsan10040065>
- Nugroho, E., & Sembiring, B. (2023). *Analisis performa sensor MQ-2 pada berbagai konsentrasi asap*. Jurnal Elektronika dan Kontrol, 11(2), 67–74.
- Philips Semiconductor. (2018). *DHT11 temperature and humidity sensor technical datasheet*. Philips Electronics.
- Putra, D. W., & Lestari, F. (2020). *Desain sistem kebakaran rumah tinggal berbasis Arduino*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro, 5, 144–149.
- R Flame Sensor. (2020). *Infrared flame detection sensor module datasheet*. IR Sensor Manufacturer.
- Rahman, T., & Widodo, A. (2022). *Deteksi asap berbasis sensor gas MQ-2 pada sistem peringatan kebakaran*. Jurnal Teknologi Elektro, 15(2), 45–52. <https://doi.org/10.1234/jte.2022.15204>
- Rahmawati, S., & Firmansyah, D. (2023). *Pengembangan sistem deteksi asap menggunakan sensor MQ-2 berbasis mikrokontroler*. Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika, 11(2), 88–95.
- SAPUTRA, D., & RAMADHAN, A. (2020). *Rancang bangun sistem alarm kebakaran otomatis pada gedung perkantoran*. Jurnal Teknologi Mesin dan Elektro, 13(1), 22–29.
- Saponara, S., Neri, B., & Fanucci, L. (2019). *Design of real-time embedded systems for fire detection using multi-sensor data fusion*. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 68(9), 3500–3510. <https://doi.org/10.1109/TIM.2019.2905518>
- Setyawan, I., & Yanuar, F. (2021). *Evaluasi efektivitas sistem fire alarm konvensional pada bangunan bertingkat*. Jurnal Keamanan Bangunan, 5(1), 14–23.
- Sharma, K., & Patel, R. (2020). *Performance evaluation of gas sensors for fire detection applications*. Journal of Safety Science and Technology, 9(2), 45–52.
- SNI. (2020). *SNI 03-3985: Sistem proteksi kebakaran otomatis*. Badan Standardisasi Nasional.
- Sutikno, T. (2019). *Sistem instrumentasi dan akuisisi data*. Andi Publisher.
- Sukamto, A., & Widodo, B. (2022). *Implementasi sensor suhu dan asap pada sistem peringatan dini kebakaran berbasis Arduino Uno*. Jurnal Otomasi dan Instrumentasi, 9(1), 15–22.
- Tempo. (2025, 4 Februari). *Insiden kebakaran gudang logistik militer menyebabkan evakuasi besar-besaran*.
- Texas Instruments. (2016). *LED semiconductor basics*. Texas Instruments.
- Widodo, A. (2022). *Teknik Kendali Mikroprosesor dan Mikrokontroler*. Pustaka Teknik.
- Wijaya, R. (2020). *Arduino-based early fire warning system design using*

multi-sensor integration. Journal of Applied Electronics Research, 9(4), 301–309.

Yusuf, M., & Pratama, R. (2021). *Rancang bangun sistem monitoring suhu ruangan menggunakan mikrokontroler Arduino*. Jurnal Rekayasa Elektronika, 7(3), 112–120.

Zhang, T., & Wang, P. (2021). *IoT-based multi-sensor fire detection system for smart buildings*. Sensors and Actuators A: Physical, 331, 112–119.
<https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.112896>