

Sistem IOT Deteksi Dan Kendali Kebakaran Berbasis Sensor IR Infrared dan MQ-2

Febrian Sulistyو Budi¹, Ramdhani Hadi Winarno², Falih Walen Satria Shakti^{3*}

¹Teknik Informatika
Universitas Duta Bangsa
¹220103091@mhs.udb.ac.id

²Teknik Informatika
Universitas Duta Bangsa
²220103102@mhs.udb.ac.id

³Teknik Informatika
Universitas Duta Bangsa
^{3*}220103090@mhs.udb.ac.id

Abstrak— Bencana Kebakaran adalah peristiwa yang terjadi secara tiba-tiba serta dapat menimbulkan kerugian baik secara materiil maupun sampai menimbulkan korban jiwa. Sistem kendali kebakaran konvensional yang memanfaatkan hanya alarm suara dinilai tidak efektif ketika kebakaran terjadi secara tiba-tiba dan tanpa adanya saksi mata pada saat kejadian berlangsung. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi dan pengendali kebakaran secara otomatis yang berbasis Internet of Things (IoT) yang bisa memantau kondisi lingkungan secara real-time dan adanya respons dari potensi kebakaran secara mandiri. Penggunaan kombinasi antara mikrokontroler ESP32 sebagai kendali utama, sensor MQ-2 sebagai sensor deteksi asap dan gas, dan sensor flame infrared LM393 sebagai sensor deteksi nyala api secara visual menghasilkan pembacaan kondisi lingkungan yang rinci dan efektif. Penggunaan web monitoring untuk memvisualisasikan data dari sensor sehingga dapat dipantau dimanapun dan kapanpun oleh pengguna yang berbasis framework NextJs, TypeScript, Tailwind CSS, dan Firebase membuat sistem ini dapat memantau kondisi lingkungan secara real-time serta ringan ketika digunakan. Sistem mengolah data dari sensor, saat kondisi lingkungan terdeteksi bahaya, maka sistem otomatis mengaktifkan buzzer sebagai alarm lokal dan pompa mini sebagai respons awal. Pengujian pada lima skenario berbeda menunjukkan bahwa dibutuhkan antara 1-5 detik untuk sistem dapat merespon tanda-tanda kebakaran. Sistem dapat berjalan secara mandiri dengan bantuan baterai 18650 serta modul TP4056. Penelitian ini menghasilkan bahwa sistem ini efektif sebagai solusi awal pencegahan bencana kebakaran berskala kecil yang terjangkau, efektif, dan mudah dikembangkan lebih lanjut.

Kata kunci— IoT, ESP32, MQ-2, Web Monitoring, Deteksi Kebakaran.

Abstract— Fire disaster is an event that occurs suddenly and can cause losses both materially and to cause casualties. Conventional fire control systems that utilize only sound alarms are considered ineffective when fires occur suddenly and without witnesses at the time of the incident. The purpose of this research is to design and implement an automatic fire detection and control system based on the Internet of Things (IoT) that can monitor environmental conditions in real-time and respond to potential fires independently. The use of a combination of the ESP32 microcontroller as the main control, the MQ-2 sensor as a smoke and gas detection sensor, and the LM393 infrared flame sensor as a visual flame detection sensor results in a detailed and effective reading of environmental conditions. The use of web monitoring to visualize data from sensors so that it can be monitored anywhere and anytime by users based on the NextJs framework, TypeScript, Tailwind CSS, and Firebase makes this system able to monitor environmental conditions in real-time and lightweight when used. The system processes data from the sensors, when environmental conditions are detected to be dangerous, the system automatically activates the buzzer as a local alarm and the mini pump as an initial response. Tests on five different scenarios show that it takes between 1-5 seconds for the system to respond to signs of fire. The system can run independently with the help of 18650 battery and TP4056 module. This research shows that the system is effective as an initial solution for small-scale fire disaster prevention that is affordable, effective, and easy to develop further.

Keywords— IoT, ESP32, MQ-2, Web Monitoring, Fire Detection.

I. PENDAHULUAN

Salah satu bencana yang dapat terjadi secara tiba-tiba dan menimbulkan kerugian besar, baik kerugian materiil sampai memakan korban jiwa adalah bencana kebakaran. Bencana kebakaran dapat terjadi dalam waktu yang sangat singkat tanpa ada saksi yang tahu akan awal mula terjadinya kebakaran, apalagi ketika tidak ada orang di lokasi kejadian. Tingginya resiko bencana kebakaran di rumah,

gudang, dan bangunan yang minim atau bahkan tidak adanya sistem pemantauan kebakaran otomatis [1].

Sistem deteksi kebakaran konvensional yang umumnya dipakai sekarang hanya mengandalkan suara alarm saja, tentu kalau hanya mengandalkan alarm suara saja masih kurang efektif apalagi ketika tidak ada orang yang mendengar maupun meresponnya. Maka dari itu, perlunya sistem yang dapat mendeteksi dan mengirimkan peringatan

secara otomatis dan real-time, dan melakukan pencegahan secara otomatis. Teknologi Internet of Things (IoT) dapat menjadi salah satu solusi yang tepat karena dengan perkembangannya memungkinkan pengawasan kondisi dari jarak jauh dan dapat dipantau melalui internet [2].

Penelitian ini menggunakan sensor pendukung yaitu sensor MQ-2 untuk mendeteksi keberadaan gas dan asap. Sensor ini digunakan untuk pengembangan sistem pendeteksi kebakaran karena sensitivitas sensor yang tinggi terhadap tanda-tanda awal kebakaran, yaitu adanya gas berlebih [3], [4].

Sensor infrared flame (LM393) juga digunakan untuk mengenali dan membaca nyala api secara langsung untuk meningkatkan keakuratan sistem. Sensor ini bekerja dengan membaca sinyal optik dari pancaran api, sehingga sistem dapat membedakan antara kebocoran gas biasa atau kebakaran [5].

Data-data yang diperoleh akan diproses dengan mikrokontroler ESP32, dimana ESP32 mempunyai fitur konektivitas WiFi sehingga data dapat dikirim secara real-time ke web monitoring system yang bisa diakses melalui internet. Dengan web monitoring ini, pengguna dapat memperoleh informasi dan menerima notifikasi tentang kondisi lingkungan. Selain notifikasi, sistem akan mengaktifkan buzzer dan pompa mini sebagai tindakan pertama dalam menangani kebakaran secara langsung. Dengan kombinasi ini, sistem tidak hanya sebagai pemantau, namun juga sebagai penanganan awal bencana kebakaran [6], [7].

Sistem ini menggunakan baterai 18650 yang di padukan dengan modul TP4056 untuk menenagai pompa air mini, sehingga pompa dapat bekerja walaupun tidak adanya tenaga langsung dari ESP32. Dengan begitu sistem dapat bekerja secara normal tanpa perlu mengkhawatirkan adanya konslet pada sistem karena adanya kurang daya pada ESP32 serta fluktuasi listrik. Sehingga sistem dapat bekerja secara flawless tanpa perlu mengkhawatirkan beban listrik pada rangkaian sistem [8].

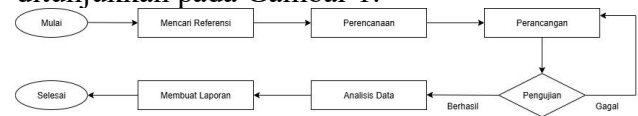
Penelitian tentang sistem kendali kebakaran serupa pernah dilakukan dengan berbagai pendekatan lain, mulai dari menggunakan modul GSM SIM800L, untuk notifikasi via SMS [9], sampai penggunaan kamera CCTV dan visi komputer [10]. Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini menggabungkan banyak sensor sekaligus dan mendukung aksi pencegahan pertama secara otomatis, yang menjadi kelebihan utama sistem ini yaitu adaptif dan praktis untuk implementasi di lingkungan berskala kecil.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem IoT untuk mendeteksi dan pencegahan pertama kebakaran dengan mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, sensor MQ-2, sensor flame, serta komponen aktuator dan sistem daya cadangan yang mandiri. Dengan adanya sistem ini diharapkan adanya sistem yang mampu mendeteksi kebakaran secara dini, memberikan peringatan cepat, dan dapat melakukan pencegahan awal secara otomatis.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alur Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dimulai dari identifikasi masalah hingga pengujian sistem. Yang bertujuan untuk menghasilkan sistem yang berfungsi secara mandiri dan efisien. Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

B. Analisis Masalah

Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah kurangnya sistem kendali kebakaran otomatis yang dapat memberikan respons cepat, terutama di lokasi tanpa atau kurang pengawasan manusia secara langsung. Sistem yang sekarang ini digunakan yang masih konvensional mengandalkan alarm suara saja tidak akan cukup karena tidak dapat

memberikan informasi dari jarak jauh dan tidak memiliki tindakan otomatis pencegahan dalam merespon bencana kebakaran. Selain itu, tidak adanya daya cadangan dan masih bergantung pada catu daya listrik utama sehingga sistem tidak dapat bekerja ketika listrik padam.

C. *Metode penyelesaian Masalah*

Logika yang digunakan sistem menggunakan nilai ambang batas (threshold) sebagai acuannya. Data dari sensor akan dibaca dan dibandingkan dengan nilai acuan:

1. Sensor MQ-2: mendeteksi asap/gas dengan nilai analog > 300,
2. Sensor flame (IR LM393): mendeteksi nyala api dari spektrum inframerah.

Ketika ada indikasi bahaya yang terdeteksi oleh sensor, maka sistem akan:

1. Mengaktifkan buzzer pasif sebagai alarm peringatan,
2. Mengirimkan notifikasi ke web monitoring,
3. Menyalakan pompa mini untuk pencegahan awal.

Ketika kondisi kembali normal dan semua sensor kembali menunjukkan nilai normal, sistem akan mematikan buzzer dan pompa serta mengupdate status ke web monitoring.

III. PERANCANGAN SISTEM

A. *Arsitektur Sistem*

Rancangan utama sistem ini adalah penggunaan mikrokontroler ESP32 untuk mengatur keseluruhan proses sistem. Dan untuk sensor input, sistem ini menggunakan tiga jenis sensor untuk mendeteksi potensi kebakaran. Rincian komponen dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen Sensor Input

Sensor	Fungsi
MQ-2	Mendeteksi gas dan asap
Flame Sensor (IR LM393)	Mendeteksi keberadaan nyala api secara visual (IR)

Sistem ini memiliki output berupa:

1. Buzzer pasif sebagai alarm,

2. Pompa mini DC sebagai pemadam otomatis.

Sistem monitoring berbasis web juga digunakan untuk memantau kondisi sensor dan status sistem secara real-time. Sistem juga ditenagai oleh 2 baterai 18650 dan dikendalikan modul TP4056 untuk pengisian dan perlindungan baterai.

B. *Implementasi Sistem*

Tahapan implementasi sistem adalah sebagai berikut:

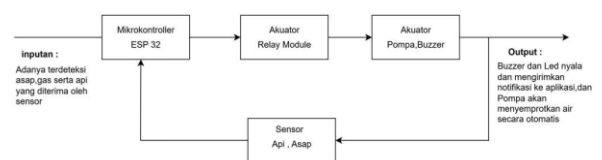
1. Perakitan perangkat keras.
2. Pemrograman ESP32.
3. Pembuatan web monitoring.
4. Pengujian sistem.

Pengujian sistem dilakukan dalam berbagai skenario untuk mengukur akurasi deteksi, kecepatan response, dan stabilitas sistem.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

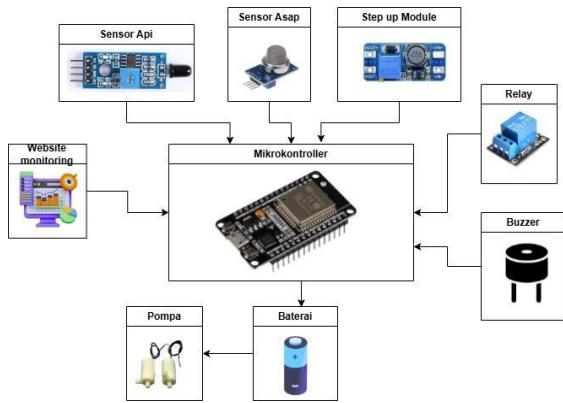
A. *Hasil Implementasi Sistem*

Sistem ini berhasil direalisasikan dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 dan beberapa sensor lain. Rangkaian sistem dirancang sedemikian rupa agar dapat mendeteksi bencana kebakaran secara dini dan dapat memberikan respons secara otomatis melalui pengaktifan buzzer dan pompa air, dan dapat memberikan notifikasi ke web monitoring sistem.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem Deteksi dan Kendali Kebakaran

Sistem ini diimplementasikan ke dalam ESP32 dengan memanfaatkan Arduino IDE untuk pemrogramannya. Sistem monitoring menggunakan web berbasis framework NextJs, Typescript, Tailwind CSS, dan Firebase sebagai databasenya.



Gambar 3. Alur Kerja Sistem

B. *Komponen Sistem*

1. Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 bekerja sebagai otak utama sistem ini. Dengan memanfaatkan fitur mikrokontroler ini yaitu konektivitas Wifi dan mikrokontroler ini cukup kuat dalam menjalankan dan memproses data dari sensor menjadi informasi dan sinyal untuk aktuator.



Gambar 4. Mikrokontroler ESP32

2. Sensor MQ-2

Sensor MQ-2 adalah sensor gas yang dapat mendeteksi asap dan gas yang mudah terbakar. Sensor ini mengukur perubahan resistansi dari perubahan konsentrasi gas.



Gambar 5. Sensor MQ-2

3. Sensor Flame (IR LM393)

Sensor flame infrared LM393 adalah sensor yang dapat mendeteksi nyala api secara visual dengan membaca spektrum inframerah dari api.



Gambar 6. Sensor Flame Infrared LM393

4. Buzzer dan Pompa Mini DC

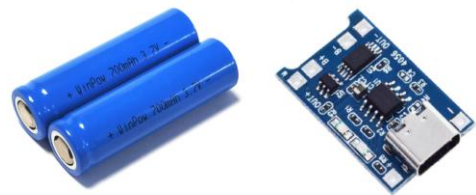
Buzzer bertugas sebagai alarm lokal saat bencana kebakaran terdeteksi. Sedangkan pompa mini DC digunakan untuk respons pertama jika terjadi bencana kebakaran.



Gambar 7. Buzzer passive dan Pompa Mini DC

5. Baterai 18650 dan Modul TP4056

Baterai 18650 dengan modul TP4056 digunakan sebagai daya tambahan untuk mengcover kebutuhan listrik dari pompa air mini. Kombinasi ini memungkinkan baterai dapat selalu diisi ulang dan mendapat proteksi terhadap overcharging dan over discharging.



Gambar 8. Baterai 18650 dan Modul TP4056

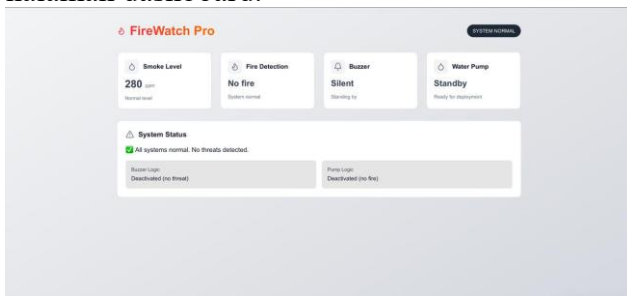
C. *Web Monitoring*

Perancangan web monitoring sistem ini berbasis framework Next.js dengan dukungan TypeScript sebagai bahasa pemrograman yang digunakan. Pemilihan bahasa pemrograman ini dikarenakan Next.js memiliki kestabilan dan keamanan lebih. Untuk mempercantik web monitoringnya, Tailwind CSS digunakan karena dapat digunakan untuk membuat desain yang responsif, minimalis, dan konsisten serta memiliki efisiensi yang tinggi dalam pengembangan UI.

Fungsi web monitoring ini antara lain:

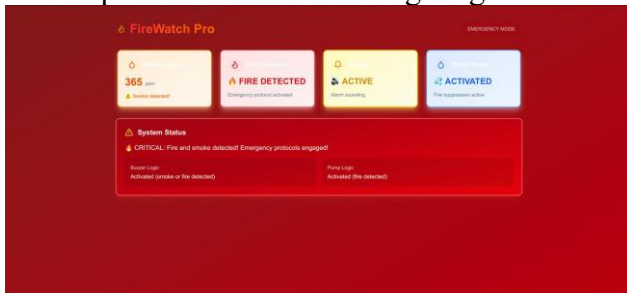
1. Menampilkan nilai deteksi asap dan gas dari sensor MQ-2.
2. Menampilkan status deteksi api dari flame sensor.
3. Menampilkan log status sistem (“Aman”, “Kebakaran”).
4. Menampilkan timestamp setiap perubahan status.

Seluruh data dari sensor dikirim melalui Wifi dan disimpan ke Firebase secara otomatis oleh ESP32. Web monitoring akan menampilkan data yang diambil dari Firebase dalam bentuk halaman dashboard.



Gambar 9. Web Monitoring Sistem

Web monitoring dapat diakses melalui jaringan Wifi dimanapun. Dalam pengujiannya, web monitoring dapat menampilkan data secara real-time dan dapat menampilkan status kondisi lingkungan.



Gambar 10. Web Monitoring Saat Kebakaran Terdeteksi

D. *Hasil Pengujian Sistem*

Tujuan dilakukannya pengujian pada sistem ini untuk mengetahui keandalan sensor, kecepatan respon sistem, konsistensi aktivasi output, dan keberhasilan pengiriman notifikasi ke web monitoring.



Gambar 11. Sistem Kendali dan Monitoring Kebakaran

Tahapan pengujian ini dibagi menjadi dua tahap: tahap pengujian sensor secara mandiri dan tahap pengujian sistem secara terpadu.

1. Pengujian sensor secara mandiri
 - a. Sensor MQ-2: diuji dengan menekan gas korek api dan mendekatkannya ke sensor dari jarak 1-10 cm. Sensor memberikan nilai ADC melebihi ambang batas (sekitar > 300) pada jarak 1-5 cm, menunjukkan keberhasilan dalam pendeteksian asap dan gas ringan.
 - b. IR Flame Sensor: diuji menggunakan korek api. Sensor dapat mendeteksi nyala api dari jarak 1-5 cm. Ketika api dikenali, sistem akan menyalakan buzzer dan pompa. Pengujian secara mandiri menunjukkan bahwa masing-masing sensor dapat berfungsi dengan normal dalam kondisi uji standar. Nilai ambang (threshold) ditentukan dari eksperimen sebelumnya dan literatur yang relevan.

2. Pengujian sistem secara terpadu Pengujian lanjutan dilakukan dengan mensimulasikan beberapa skenario kebakaran nyata. Skenario uji ditampilkan ke dalam tabel 2, dengan penambahan waktu respon.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem Deteksi Kebakaran

No	Kondisi Ujil	Sensor Aktif	Output	Waktu Respon	Status Notifikasi
1	Normal (idle)	Tidak Ada	Tidak Ada	-	Aman
2	Gas korek api	MQ-2	Buzzer aktif	4 detik	Waspada Gas
3	Suhu tinggi (korek api)	DHT22	Buzzer aktif	3.1 detik	Bahaya Suhu Tinggi
4	Api (korek api)	Flame	Pompa + buzzer ON	2.3 detik	Kebakaran Terdeteksi
5	Gabungan gas + suhu + api	Semua Sensor	Pompa + Buzzer ON	1.9 detik	Kebakaran Terdeteksi

E. Pembahasan

Hasil dari implementasi dan pengujian sistem deteksi dan kendali kebakaran otomatis berbasis IoT adalah sistem ini dapat bekerja dengan baik dalam akurasi deteksi, kecepatan response, stabilitas, dan kemampuan monitoring. Keunggulan sistem ini diantaranya:

1. Keandalan dan Akurasi Deteksi

Semua sensor yang digunakan sebagai input pada sistem ini menghasilkan kombinasi yang saling melengkapi satu sama lain. Pengujian sistem menunjukkan bahwa sistem ini dapat membedakan kondisi:

- Hanya asap berarti status “Waspada Gas/Asap” dan hanya menyalakan buzzer.
 - Hanya api berarti status “Kebakaran Terdeteksi” dan menyalakan buzzer dan pompa
 - Kombinasi keduanya berarti sistem langsung menyalakan buzzer dan pompa
- Pengaturan ambang batas atau threshold yang sesuai memberikan keandalan sistem dalam menghindari false-positive (alarm palsu) dan false-negative (kegagalan deteksi). Hasil ini menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi deteksi yang tinggi dan responsif terhadap berbagai skenario.

2. Memiliki Response Otomatis serta Real-Time

Sistem ini memiliki waktu respons sekitar antara 1-5 detik, dihitung setelah nilai sensor melewati ambang batas hingga buzzer dan pompa diaktifkan. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem dapat memberikan tindakan awal secara otomatis dan cepat.

Hasil respons yang otomatis dan real-time sangat penting ketika kebakaran terjadi masih dalam skala kecil sehingga tidak bertambah menjadi skala yang lebih besar.

3. Efektivitas Web Monitoring

Framework NextJs, TypeScript, dan Tailwind CSS menjadi kombinasi sempurna untuk membuat antarmuka web yang modern, ringan, dan cepat diakses. Dengan Firebase sebagai tempat menyimpan data sensor secara real-time serta menyediakan jalur komunikasi dua arah antara sistem dan web.

Web monitoring dapat menunjukkan kondisi lingkungan secara real-time, diantaranya:

- Status gas/asap.
- Status api.
- Status sistem (aman/waspada/bahaya)
- riwayat aktivitas dalam bentuk log waktu.

Dengan adanya web monitoring ini pengguna dapat melakukan monitoring melalui perangkat apapun dan dimanapun karena memiliki sistem yang fleksibel secara online.

4. Keunggulan Dibanding Penelitian Sebelumnya

Penelitian tentang sistem deteksi kebakaran sebelumnya hanya menggunakan sensor tunggal saja, dan hanya mampu memberikan peringatan berupa alarm suara lokal tanpa integrasi kendali dan pemantauan jarak jauh. Ada yang menggunakan modul GSM SIM800L untuk mengirim SMS namun tidak menyediakan interface secara graphic.

Penggabungan antara multi sensor, kendali otomatis, serta monitoring berbasis web juga membuka jalan untuk pengembangan lebih lanjut, misal penambahan notifikasi cloud, integrasi IoT platform lain, atau penggabungan dengan sistem smart home. Dengan arsitektur

ini, sistem dapat bekerja secara proaktif dan adaptif tidak hanya secara pasif.

Sistem ini layak menjadi prototipe sistem deteksi dan kendali kebakaran berskala kecil yang memiliki kinerja dan fleksibilitas yang baik, terjangkau, mandiri, dan adaptif.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Hasil Pengujian Sistem

Hasil dari perancangan, implementasi, dan pengujian sistem adalah

1. Sistem berbasis Internet of Things (IoT) yang menggunakan kombinasi ESP32, sensor MQ-2, dan sensor flame LM393 berhasil dibangun dan dapat bekerja secara otomatis dan responsif terhadap bencana kebakaran.

2. Data lingkungan dapat dibaca oleh sistem secara real-time dan sistem dapat membedakan antara kondisi normal, kondisi berbahaya sebagian (gas atau suhu tinggi saja), dan kondisi kebakaran (api terdeteksi), dengan waktu respons antara 1-5 detik.

3. Web monitoring yang dibangun menggunakan framework NextJs, TypeScript, Tailwind CSS, dan Firebase dapat secara efektif menampilkan data sensor dan status sistem secara real-time.

4. Buzzer pasif dan pompa mini bekerja dengan baik sesuai kondisi dan dapat diandalkan sebagai aktuator sebagai respons kebakaran tanpa intervensi manual.

Efektivitas sistem ini menjadikan sistem ini layak menjadi prototipe awal dari solusi pengendalian dan pencegahan kebakaran berskala kecil yang ekonomis, efektif, dan dapat dikembangkan untuk berbagai skenario lingkungan.

B. Saran

Beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan sistem lebih lanjut diantaranya:

1. Integrasi dengan sistem notifikasi real-time berbasis cloud lain seperti bot telegram atau whatsapp API.

2. Penambahan modul penyimpanan lokal untuk menyimpan riwayat data dari sensor yang memudahkan untuk dilakukannya analisis pasca-kejadian.

3. Penyesuaian ambang batas sensor secara dinamis melalui web monitoring.

4. Integrasi dengan perangkat tambahan seperti kamera dan flame sensor multispektrum untuk meningkatkan akurasi deteksi.

Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut karena memiliki potensi yang luas jika diintegrasikan ke dalam ekosistem lain berbasis IoT yang lebih kompleks.

REFERENSI

- [1] A. Rehman, "Smart Fire Detection And Deterrent System For Human Savior By Using Internet Of Things (Iot)," *Energies* (Basel), Vol. 14, No. 17, P. 5500, 2021, [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/17/5500>
- [2] F. Khan, "Recent Advances In Sensors For Fire Detection," *Sensors*, Vol. 22, No. 9, P. 3310, 2022, [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/9/3310>
- [3] K. Mehta, S. Sharma, And D. Mishra, "Internet-Of-Things Enabled Forest Fire Detection System," In Proc. 2021 5th Int. Conf. On I-Smac, Palladam, India, 2021, Pp. 20–23. Doi: 10.1109/I-Smac52330.2021.9640900.
- [4] Y. Ahn, H. Choi, And B. S. Kim, "Development Of Early Fire Detection Model For Buildings Using Computer Vision-Based Cctv," *Journal Of Building Engineering*, Vol. 65, P. 105647, 2023, Doi: 10.1016/j.jobe.2022.105647.
- [5] A. Solórzano, "Early Fire Detection Based On Gas Sensor Arrays: Multivariate Calibration And Validation," *Sens Actuators B Chem*, Vol. 352, P. 130961, 2022, Doi: 10.1016/j.snb.2021.130961.
- [6] N. Komalapati, V. C. Yarra, L. A. V Kancharla, And T. N. Shankar, "Smart Fire Detection And Surveillance System Using Iot," In Proc. 2021 Int. Conf. On Artificial Intelligence And Smart Systems (Icais), Coimbatore, India, 2021, Pp. 1386–1390. Doi: 10.1109/Icais50930.2021.9395841.
- [7] Y. A. Ahmad, "On The Evaluation Of Dht22 Temperature Sensor For Iot Application," In Proc. 2021 8th Int. Conf. On Computer And Communication Engineering (Iccce), Kuala Lumpur, Malaysia, 2021, Pp. 131–134. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9467147>
- [8] J. Mulyono And E. Apriaskar, "Simulasi Alarm Kebakaran Menggunakan Sensor Mq-2 Dan Flame Sensor Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Elkom: Jurnal Elektronika Dan Komputer*, Vol. 14, No. 1, Pp. 16–25, 2021, [Online]. Available: <https://journal.stekom.ac.id/index.php/Elkom/Article/View/305>
- [9] I. A. Rombang, L. B. Setyawan, And G. Dewantoro, "Perancangan Prototipe Alat Deteksi Asap Rokok Dengan Sistem Purifier Menggunakan Sensor Mq-135 Dan Mq-2," *Techne*, Vol. 21, No. 1, Pp. 131–144, 2022, [Online]. Available: <https://ojs.jurnaltechne.org/index.php/Techne/Article/View/312>
- [10] L. Khakim, I. Afriliana, N. Nurohim, And A. Rakhman, "Proteksi Kebocoran Gas Lpg Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler," *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, Vol. 11, No. 1, Pp. 40–47, 2022, [Online]. Available: <https://ojs.unikom.ac.id/index.php/Komputika/Article/View/4977>