

PROTOTYPE SISTEM DETEKSI KEBAKARAN MENGGUNAKAN SENSOR MQ-2 DAN FLAME SENSOR BERBASIS IOT

**Ridho Akbar Nuryadin^{1*}, Arief Rahman Yusuf², Muhammad Reza³,
Nabil Fadlila Alifian H⁴, Putri Shagita Dyah A.K⁵**

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Ponorogo

Jl. Budi Utomo No.10, Ronowijayan, Kec. Ponorogo, Kabupaten Ponorogo, Jawa Timur
ridhoakbarnuryadin590@gmail.com^{1*}, yusuf@umpo.ac.id², rezam9987@gmail.com³,
nabilfadlila04@gmail.com⁴, dyahayukusumaningrum23@gmail.com⁵

Abstrak

Kebakaran merupakan insiden yang sering terjadi di Indonesia dan dapat terjadi di mana saja serta kapan saja, disebabkan oleh faktor teknis maupun non-teknis. Penelitian ini mengusulkan sebuah sistem deteksi kebakaran berbasis *Internet of Things* (IoT) yang menggunakan sensor-sensor MQ-2 dan *flame sensor* untuk mendeteksi gas berbahaya, asap, dan api. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan menguji *prototype* sistem deteksi kebakaran yang responsif dan dapat memberikan notifikasi dini serta merespons secara otomatis dengan mengaktifkan *buzzer* untuk notifikasi dan pompa air untuk pemadaman. Tahapan penelitian meliputi pemilihan sensor, analisis kebutuhan sistem, verifikasi program, pembuatan *prototype*, dan pengujian pada berbagai jarak dari sumber api. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memberikan respons cepat terhadap kebakaran karena terintegrasi ke *platform Thingspeak* yang memungkinkan pemantauan *real-time* dan pengambilan tindakan yang cepat. Pengujian sensor MQ-2 dan *flame sensor* pada berbagai jarak menegaskan keberhasilan sistem dalam mendeteksi api mulai dari jarak 0-60cm. Integrasi dengan *platform Thingspeak* memperkuat kemampuan sistem dalam memantau kejadian secara *real-time* dan mengambil tindakan yang tepat. Dengan kesimpulan ini, *prototype* sistem deteksi kebakaran berbasis IoT menonjol sebagai solusi yang efektif dalam menangani ancaman kebakaran. *Prototype* ini memiliki potensi besar untuk mendeteksi kebakaran secara dini.

Kata Kunci: Sistem Deteksi Kebakaran, *Internet of Things*, Sensor *Flame*, Sensor MQ-2

Abstract

Technical and non-technical factors can cause fire, a common incident in Indonesia, to occur anywhere and at any time. This research proposes an Internet of Things (IoT)-based fire detection system that uses MQ-2 sensors and flame sensors to detect hazardous gas, smoke, and fire. The purpose of this research is to design and test a responsive fire detection system prototype that can provide early notification and respond automatically by activating a buzzer for notification and a water pump for extinguishing. The research stages include sensor selection, system requirements analysis, program verification, prototype creation, and testing at various distances from the fire source. The system's integration with the Thingspeak platform enables real-time monitoring and prompt action, as demonstrated by the results. Testing the MQ-2 sensor and flame sensor at various distances confirmed the system's success in detecting fires ranging from 0 to 60 cm away. Integration with the Thingspeak platform strengthens the system's ability to monitor events in real time and take appropriate action. With this conclusion, the IoT-based fire detection system prototype stands out as an effective solution in dealing with fire threats. This prototype has excellent potential for early fire detection.

Keywords: Fire Detection System, *Internet of Things*, Flame sensor, MQ-2 Sensor

PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan insiden yang sering terjadi di Indonesia dan dapat terjadi di mana saja serta kapan saja, disebabkan oleh faktor teknis maupun non-teknis (Dharmi & Pratika, 2019). Bahaya serius yang ditimbulkannya dapat mengakibatkan kerugian jiwa dan harta benda. Kebakaran melibatkan ledakan, baik skala kecil maupun besar, sulit dikendalikan, dan merugikan (Rahadian & Wati, 2021). Elemen-elemen seperti panas, oksigen, dan material mudah terbakar berperan dalam menciptakan api yang menghasilkan cahaya dan panas. Faktor-faktor manusia, alam, dan teknis merupakan penyebab umum terjadinya kebakaran. Dengan mengakibatkan kerusakan materiil yang

serius serta membahayakan nyawa manusia dan hewan, pencegahan dan deteksi dini kebakaran menjadi sangat penting untuk mengurangi risiko dan dampaknya (Siregar et al., 2021).

Permasalahan yang dihadapi terkait kebakaran yaitu kesulitan dalam mendeteksinya secara dini serta mengambil tindakan pencegahan yang cepat. Kebakaran dapat terjadi tanpa dapat diprediksi dan sulit untuk dikendalikan setelahnya. Kurangnya sistem yang mampu memberikan pemantauan *real-time* dari jarak jauh menjadi tantangan tambahan dalam menangani keadaan darurat seperti kebakaran. Selain itu, terdapat kesulitan dalam mengidentifikasi sumber kebakaran secara tepat dan cepat, sehingga penanganan yang tepat juga menjadi terhambat (Sutantyo & Susanti, 2022). Dalam situasi kebakaran, keterlambatan dalam mendeteksi atau menanggapi keadaan dapat mengakibatkan kerugian jiwa dan harta benda yang lebih besar. Penanganan yang efektif dan cepat menjadi kunci dalam mengurangi risiko dan dampak yang ditimbulkan oleh kebakaran. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang dapat memberikan deteksi dini secara akurat serta memungkinkan tindakan pencegahan yang cepat dan tepat waktu (Winarno & Mastera, 2023).

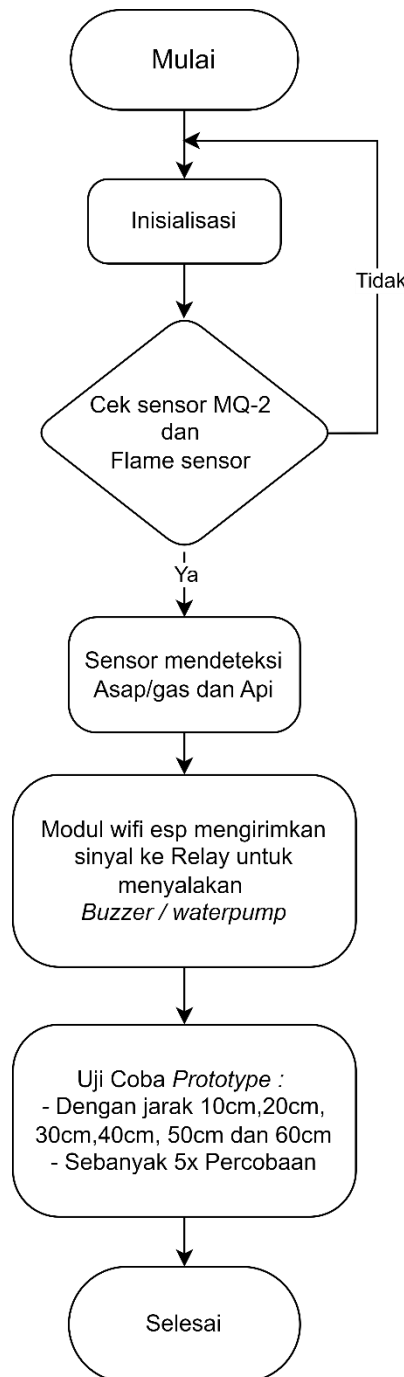
Dengan adanya kemajuan teknologi *Internet of Things* (IoT), memungkinkan untuk mengintegrasikan sensor-sensor kebakaran dengan jaringan internet sehingga dapat memberikan pemantauan secara *real-time* dari jarak jauh (Prasetyo et al., 2020) (Sutantyo & Susanti, 2022). Sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi adanya gas-gas berbahaya yang umumnya muncul dalam kebakaran, sementara *flame sensor* digunakan untuk mendeteksi adanya nyala api secara langsung. Dengan integrasi sensor-sensor kebakaran dengan sistem IoT, diharapkan solusi yang efektif dalam meminimalkan risiko dan dampak kebakaran dapat terwujud (Meliala et al., 2022). Kemampuan untuk memantau kondisi ruangan secara *real-time* dan mengambil tindakan pencegahan yang cepat dapat menjadi langkah efektif dalam menghadapi ancaman kebakaran (Sumarto, 2017). Dengan demikian, pengembangan *prototype* sistem deteksi kebakaran berbasis IoT menjadi sebuah inovasi yang relevan yang mampu mengintegrasikan berbagai sensor dan perangkat secara *real-time* (Prasetyo et al., 2023) (Prasetyo et al., 2022). *Prototype* ini dapat mengumpulkan data dari sensor asap, dan api yang tersebar di berbagai lokasi, kemudian mengirimkan informasi tersebut ke pusat kendali melalui jaringan internet. Keunggulan IoT dalam sistem deteksi kebakaran meliputi peringatan dini melalui notifikasi ke perangkat mobile atau sistem alarm otomatis.

PENELITIAN RELEVAN

Penelitian oleh (Waworundeng, 2020) dengan judul Desain Sistem Deteksi Asap dan Api Berbasis Sensor, Mikrokontroler dan IoT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem deteksi asap dan api yang dirancang berhasil membantu mendeteksi adanya asap dan api melalui *prototype* detektor yang terhubung dengan platform IoT Blynk. Input dari sensor asap dan sensor api diproses secara *real-time* menjadi notifikasi melalui alarm suara dan cahaya LED, memberikan peringatan dini terhadap potensi kebakaran di dalam bangunan. Selain itu, notifikasi pesan teks peringatan dini tentang bahaya kebakaran juga berhasil dikirimkan ke smartphone pengguna, memberikan kemudahan akses informasi bahkan saat mereka tidak berada di lokasi. Penelitian selanjutnya oleh (Noorfirdaus & Sakti, 2020) dengan judul Sistem Pendeteksi Kebakaran Dini Menggunakan Sensor Mq-2 Dan *Flame sensor* Berbasis Web. Hasil dari penelitian tersebut yaitu Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pendeteksi alarm kebakaran dapat membantu perusahaan dalam mengantisipasi kebakaran, sambil menyediakan kemampuan untuk mem-backup data kejadian kebakaran. Penelitian ini juga memberikan informasi tentang pola grafik kebakaran kepada pemilik perusahaan, meskipun terdapat keterbatasan pada jarak sensor yang digunakan. Selain itu, alat ini hanya memberikan notifikasi peringatan kepada pengguna dan tidak dapat mengatasi kebakaran secara langsung. Penelitian selanjutnya oleh (Ari Kukuh Sentanu et al., 2021) dengan judul Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Hutan Berbasis Node Mcu Esp8266. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa rancang bangun sistem pendeteksi kebakaran hutan berbasis NodeMCU ESP8266 dapat direalisasikan dan bekerja sesuai perencanaan. Sensor api, asap, dan suhu mampu mendeteksi indikasi awal terjadinya kebakaran hutan. Selain itu, semua input pada

rangkaian ini mendapat suplai tegangan yang cukup untuk memberikan kinerja optimal di setiap titik. Penelitian selanjutnya oleh (Rizky Abrar et al., 2020) dengan judul *Prototype* Alat Pendeteksi Kebakaran Berbasis Internet Of Things Dengan Aktifasi *Flame sensor* Menggunakan Arduino. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa *prototype* alat pendeteksi kebakaran berbasis IoT dengan *flame sensor* dan *SMS gateway* menggunakan Arduino dapat diaplikasikan, disimulasikan, dan melakukan panggilan darurat.

METODE PENELITIAN



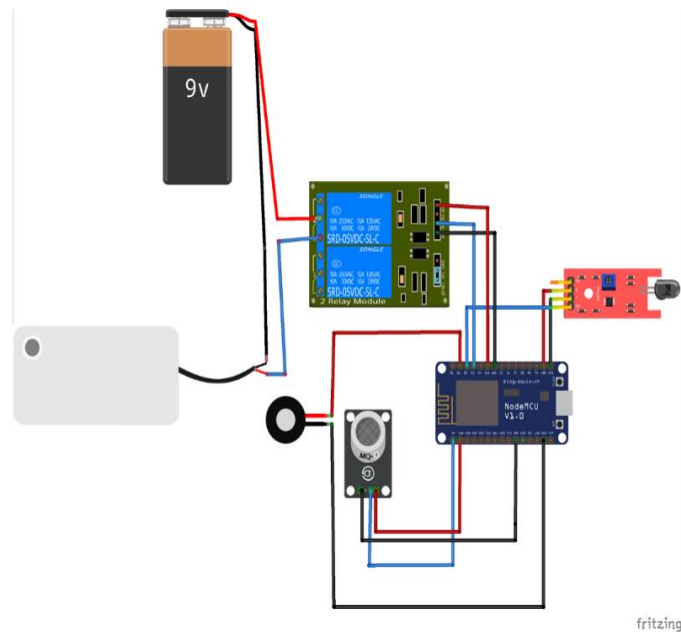
Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

Berdasarkan *flowchart* pada gambar 1 diatas, Alur penelitian dimulai dengan inisialisasi sistem dan sensor-sensor yang akan digunakan untuk memastikan semuanya berfungsi dengan baik. Kemudian, sistem memeriksa sensor MQ-2 dan *flame sensor* untuk mendeteksi adanya asap/gas

dan api. Jika sensor mendeteksi asap/gas, ESP8266 mengirimkan sinyal ke *buzzer* untuk menyala. Jika api terdeteksi, ESP8266 mengirimkan sinyal ke *relay 2 channel* yang kemudian menyalakan *waterpump* sebagai tindakan respons. Jika tidak ada deteksi, proses kembali ke langkah cek sensor. Setelah deteksi dan respons, *prototype* diuji dengan berbagai jarak (10cm, 20cm, 30cm, 40cm, 50cm, 60cm) untuk memastikan kinerja sensor dalam mendeteksi asap/gas dan api, dengan setiap jarak diuji sebanyak 5 kali untuk memastikan konsistensi hasil. Jika semua uji coba memberikan hasil yang konsisten, maka proses penelitian dianggap berhasil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

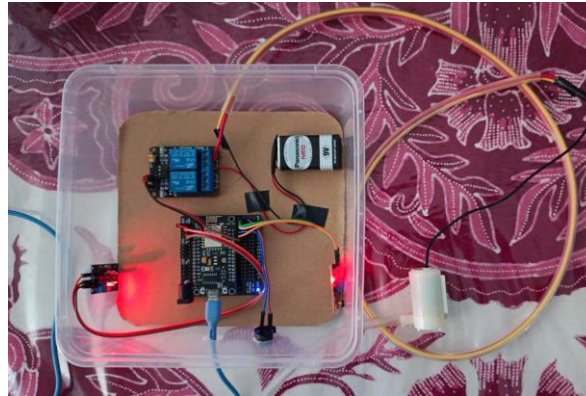
Hasil Rancangan Skema *Prototype*



Gambar 2. Skema *Prototype* Sistem Deteksi Kebakaran

Berdasarkan gambar 2 diatas merupakan skema rangkaian alat yang digunakan dalam penelitian ini. Alat-alat yang tercantum memiliki peran masing-masing dalam mendeteksi dan merespons potensi kebakaran. Sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi adanya gas atau asap yang mungkin muncul selama kebakaran, sementara sensor *flame* bertugas mendeteksi nyala api secara langsung. Mikrokontroler ESP8266 berfungsi sebagai otak utama yang mengatur operasi dan respons keseluruhan dari alat. *Buzzer* digunakan untuk memberikan notifikasi suara yang jelas kepada pengguna ketika ada potensi kebakaran. *Relay 2 channel* merupakan bagian penting dari rangkaian ini karena mengatur kondisi pada input tertentu, seperti mengaktifkan *waterpump* saat terdeteksi adanya api. *Expansion board HW389* digunakan untuk menambahkan input 5V pada mikrokontroler, memperluas kemampuan alat. *Waterpump*, yang merupakan output utama dari rangkaian ini, bertanggung jawab untuk memberikan respons aktif dengan menyemprotkan air saat terjadi deteksi api. Selain itu, baterai 9V menjadi sumber daya penting untuk *waterpump*, memastikan alat tetap beroperasi bahkan dalam situasi keadaan darurat. Dengan kombinasi alat-alat tersebut, sistem ini dirancang untuk memberikan deteksi dini dan respons cepat terhadap kebakaran, yang dapat membantu mengurangi risiko dan dampak yang ditimbulkan oleh kejadian tersebut.

Hasil Rancangan *Prototype*



Gambar 3. *Prototype* Detektor dalam kondisi aktif

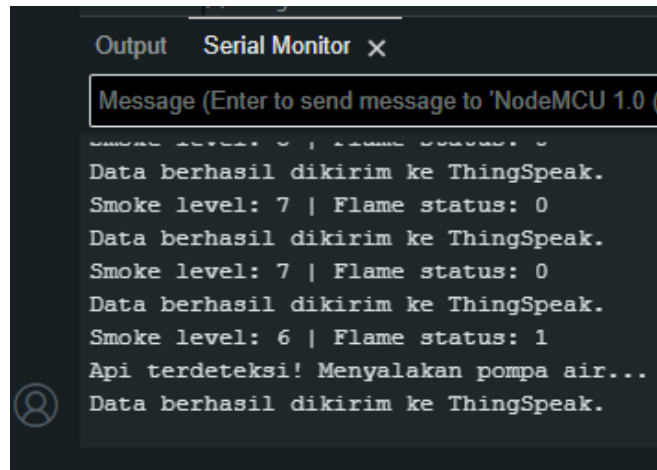
Gambar 3. menggambarkan kondisi aktif dari detector yang terjadi saat sensor MQ-2 mendeteksi adanya gas atau asap, dan sensor *flame* mendeteksi adanya api. Jika sensor MQ-2 menerima input berupa gas atau asap, maka *buzzer* akan diaktifkan untuk memberikan notifikasi suara sebagai tanda adanya potensi kebakaran. Selain itu, jika sensor *flame* mendeteksi adanya api, *waterpump* akan diset untuk menyemprotkan air. Dengan demikian, rangkaian ini memberikan respons yang cepat terhadap ancaman kebakaran dengan mengaktifkan perangkat-perangkat yang sesuai dengan deteksi gas berbahaya dan nyala api. Hal ini memungkinkan pengguna untuk segera merespons situasi kebakaran dan mengambil langkah-langkah pencegahan yang diperlukan untuk mengurangi risiko dan dampak yang ditimbulkan oleh kebakaran.

Hasil Pengujian



Gambar 4. Pengujian *prototype* untuk mendeteksi api

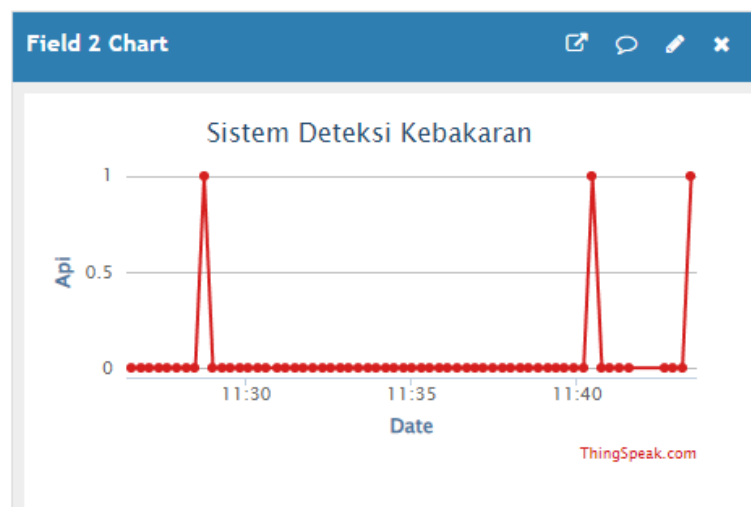
Gambar 4 menggambarkan tahap pengujian *prototype* terhadap deteksi api. Pada tahap ini, sistem deteksi kebakaran yang telah dirancang diuji untuk memastikan keandalannya dalam mendeteksi keberadaan api. Pengujian dilakukan dengan menyimulasikan kondisi kebakaran menggunakan sumber api yang disediakan. Sensor *flame* pada *prototype* akan mendeteksi adanya api, dan respons dari sistem deteksi seperti aktivasi *waterpump* untuk menyemprotkan air akan diamati. Pengujian ini penting untuk memastikan bahwa sistem dapat memberikan respons yang cepat dan akurat saat terjadi kebakaran sebenarnya. Hasil dari pengujian ini akan menjadi parameter penting dalam mengevaluasi kinerja dan keefektifan sistem deteksi kebakaran yang telah dirancang. Dengan demikian, pengujian ini merupakan tahap krusial dalam pengembangan dan validasi *prototype* sistem deteksi kebakaran berbasis IoT.



Gambar 5. Hasil deteksi api pada *prototype* sistem deteksi

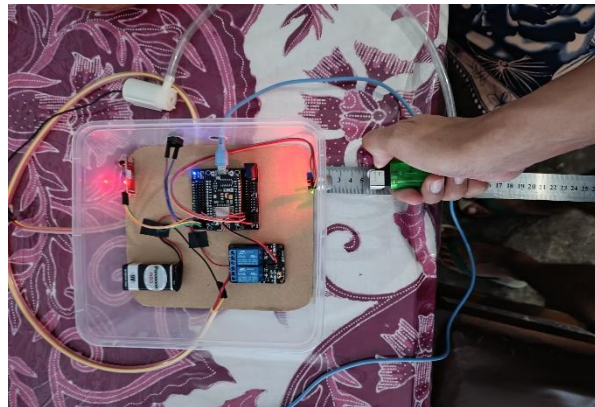
Pada Gambar 5, pesan "Api terdeteksi! Menyalakan pompa air..." menunjukkan bahwa sistem deteksi kebakaran berhasil mendeteksi keberadaan api, kemungkinan besar api dari kebakaran. Respons sistem terhadap deteksi ini adalah dengan mengaktifkan pompa air. Tindakan ini bertujuan untuk memadamkan atau mengendalikan api, yang merupakan langkah kritis dalam menghadapi situasi kebakaran. Dengan mengirimkan pesan ini, sistem memberikan notifikasi kepada pengguna bahwa kebakaran telah terdeteksi dan langkah-langkah pencegahan sedang diambil, dalam hal ini mengaktifkan pompa air untuk meminimalkan kerusakan lebih lanjut akibat kebakaran. Pesan ini juga memberikan pemahaman yang jelas kepada pengguna tentang tindakan yang diambil oleh sistem dalam situasi darurat, sehingga memungkinkan pengguna untuk merespons dengan cepat dan tepat saat terjadi kebakaran.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 dibawah ini, setelah sistem merespons terhadap deteksi kebakaran, data terkait kejadian tersebut dikirimkan ke *platform Thingspeak*. Platform ini berfungsi sebagai alat untuk memantau dan merekam data sensor secara *real-time*. Data yang dikirimkan mencakup informasi penting tentang deteksi kebakaran, seperti waktu deteksi, intensitas api, serta aktivitas sistem deteksi lainnya. Dengan memanfaatkan *Thingspeak*, informasi tersebut menjadi dapat diakses dan dianalisis secara online oleh pengguna atau pihak yang berwenang. Hal ini memberikan kemampuan untuk memantau perkembangan kebakaran dengan akurat serta mengambil tindakan yang sesuai dengan kondisi yang sedang terjadi. Dengan demikian, integrasi dengan *Thingspeak* menjadi langkah penting dalam meningkatkan efektivitas sistem deteksi kebakaran dan respons terhadap kejadian darurat.



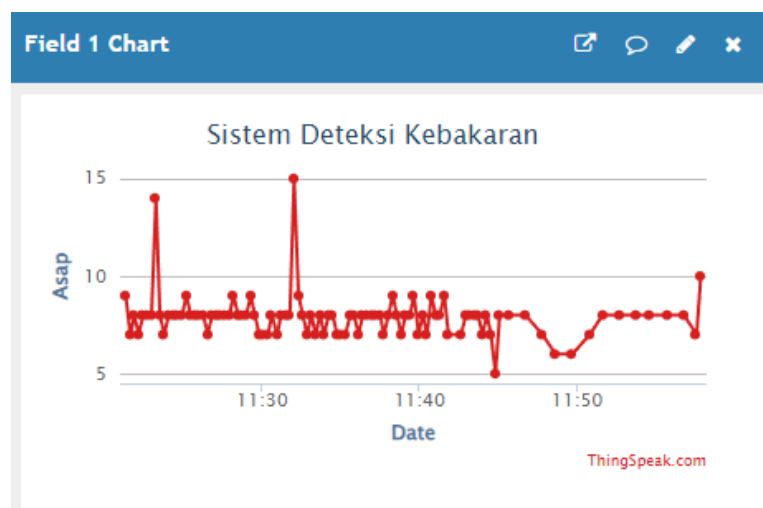
Gambar 6. Hasil *output* deteksi api di *thingspeak*

Pada gambar 6 terlihat *output* yang dikirimkan dari sistem deteksi kebakaran yang kemudian diteruskan ke *platform Thingspeak*. *Output* ini dinyatakan dalam bentuk nilai 1 dan 0, yang mungkin mengindikasikan status kebakaran. Biasanya, nilai 1 mewakili keadaan kebakaran yang terdeteksi, sementara nilai 0 menunjukkan bahwa tidak ada kebakaran yang terdeteksi. Pengiriman data dalam bentuk nilai biner ini memungkinkan untuk transmisi data yang efisien dan ringan. Data tersebut kemudian dapat diakses dan dimonitor secara online oleh pengguna atau pihak yang berwenang melalui *platform Thingspeak*. Dengan demikian, informasi tentang deteksi kebakaran dapat segera diakses dan digunakan untuk mengambil tindakan yang sesuai dengan situasi yang sedang terjadi. Ini memungkinkan untuk meningkatkan efektivitas respons terhadap kebakaran dan meminimalkan risiko yang ditimbulkan oleh kejadian darurat.



Gambar 7. Pengujian *prototype* untuk mendeteksi gas/asap

Gambar 7 merupakan tahap pengujian *prototype* terhadap deteksi asap/gas. Pada tahap ini, sistem deteksi kebakaran yang telah dirancang diuji untuk memastikan keandalannya dalam mendeteksi keberadaan asap atau gas berbahaya. Pengujian dilakukan dengan menyimulasikan kondisi asap atau gas menggunakan sumber yang disediakan. Sensor MQ-2 pada *prototype* akan mendeteksi adanya asap atau gas, dan jika sensor mendeteksi keberadaan asap atau gas, maka sistem akan memberikan respons dengan mengaktifkan *buzzer* untuk memberikan notifikasi. Pengujian ini penting untuk memastikan bahwa sistem dapat memberikan respons yang cepat dan akurat saat terjadi kebakaran sebenarnya.



Gambar 8. Hasil *output* deteksi asap/gas di *thingspeak*

Berdasarkan gambar 8, sistem akan mendeteksi keberadaan asap atau gas menggunakan sensor MQ-2. Setelah mendeteksi, nilai akan dikirimkan ke *platform Thingspeak*. Jika nilai yang dikirimkan lebih dari 10, ini menunjukkan adanya konsentrasi yang signifikan dari asap atau gas, dan sebagai respons, *buzzer* akan menyala untuk memberikan notifikasi. Namun, jika nilai yang

dikirimkan kurang dari 10, menunjukkan bahwa konsentrasi asap atau gas masih di bawah ambang batas yang dianggap berbahaya, sehingga *buzzer* akan tetap dalam keadaan mati (*off*). Ini bertujuan untuk memberikan peringatan kepada pengguna hanya ketika diperlukan, yaitu ketika ada ancaman kebakaran yang nyata.

Hasil Analisis Pengujian

Tabel 1. Pengujian *Prototype* sistem deteksi kebakaran terhadap Api

Jarak Pengujian	Data Sensor <i>Flame</i>	Status
1cm-10cm	1	Api Terdeteksi Menyalakan Pompa
11cm-20cm	1	Api Terdeteksi Menyalakan Pompa
21cm-30cm	1	Api Terdeteksi Menyalakan Pompa
31cm-40cm	1	Api Terdeteksi Menyalakan Pompa
41cm-50cm	1	Api Terdeteksi Menyalakan Pompa
51cm-60cm	1	Api Terdeteksi Menyalakan Pompa

Pada pengujian tersebut, dilakukan pengujian pada berbagai jarak dari sumber api. Ketika sensor *flame* mendekati sumber api, ia mendeteksi keberadaan api dengan status 1, menandakan bahwa api telah terdeteksi. Dalam respons terhadap deteksi ini, sistem mengaktifkan pompa air untuk memadamkan api. Hal ini terjadi pada rentang jarak antara 1cm hingga 50cm. Namun, pada jarak 51cm hingga 60cm, sensor *flame* tidak mendeteksi keberadaan api, sehingga statusnya berubah menjadi 0. Sebagai hasilnya, sistem mematikan pompa air karena tidak ada kebakaran yang terdeteksi pada rentang jarak tersebut. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sistem mampu secara efektif mendeteksi dan merespons keberadaan api pada rentang jarak tertentu, memungkinkan penggunaan sumber daya secara efisien dan tepat saat menghadapi kebakaran.

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem deteksi kebakaran berbasis IoT yang telah dikembangkan mampu mengidentifikasi keberadaan api dan asap/gas dengan responsibilitas yang baik. Penggunaan sensor *flame* dan MQ-2 memungkinkan respons cepat terhadap kebakaran dengan aktivasi *buzzer* untuk notifikasi dan pompa air untuk pemadaman api secara otomatis. Integrasi dengan *platform Thingspeak* memberikan kemampuan untuk memantau kejadian secara *real-time* dan mengambil tindakan yang diperlukan secara cepat. Pengujian dilakukan pada berbagai jarak dari sumber api, yang menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kebakaran dengan akurasi tinggi, memberikan hasil yang konsisten pada rentang jarak tertentu. Hasil pengujian ini menegaskan bahwa sistem memiliki potensi besar untuk meningkatkan keamanan dan kesiapan dalam menghadapi kebakaran serta memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap risiko kebakaran yang mungkin terjadi. Dengan demikian, sistem ini memiliki relevansi yang signifikan dalam konteks mitigasi risiko kebakaran di lingkungan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Ari Kukuh Sentanu, I. G. A., Diafari Djuni, I. G. A. K., & Pramaita, N. (2021). Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Hutan Berbasis Node Mcu Esp8266. *Jurnal SPEKTRUM*, 8(1), 286. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2021.v08.i01.p32>
- Dharmi, N. K. H., & Pratika, D. A. (2019). Rancang Bangun *Prototype* Pendeteksi Kebakaran Menggunakan Konsep Internet-of-Things. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi Teknik*, 18(01), 17–26. <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- Meliala, S., Sistem, D., & Putri, R. (2022). Desain Sisitem Pendekteksi Api Menggunakan Sistem Sensor Flame dan MQ-2 Berbasis Arduino Uno. *Journal of Electrical Technology*, 7(3), 2022.
- Noorfirdaus, J. R., & Sakti, D. V. S. Y. S. (2020). Sistem Pendeteksi Kebakaran Dini Menggunakan Sensor Mq-2 Dan *Flame sensor* Berbasis Web. *Konferensi Nasional Ilmu Komputer*, 404–409.
- Prasetyo, A., Fajaryanto, A., Litanianda, Y., Yusuf, A. R., Setyawan, M. B., & Az-Zahra, R. R. (2022). Irigasi Tanaman Agriculture dengan Logika Fuzzy Terintegrasi Internet of Things. *Seminar Nasional Sistem Informasi Dan Teknologi (SISFOTEK)*, 1(1), 141–144.
- Prasetyo, A., Yusuf, A. R., Litanianda, Y., Sugianti, S., & Masykur, F. (2023). Implementation of Fuzzy Logic for Chili Irrigation Integrated with Internet of Things. *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, 5(2), 494–502. <https://doi.org/10.47709/cnahpc.v5i2.2518>
- Prasetyo, A., Yusuf, A. R., & Litanida, Y. (2020). Otomasi Irigasi Janggolan Berbasis Internet of Things. *Multitek Indonesia*, 13(2), 23. <https://doi.org/10.24269/mtkind.v13i2.1763>
- Rahadian, R., & Wati, P. R. (2021). Perancangan Sistem Pendeteksi Kebakaran Kebocoran Gas di PT. BPR Kencana Berbasis IOT. *Jurnal Petik*, 7(2), 171–181. <https://doi.org/10.31980/jpetik.v7i2.1280>
- Rizky Abrar, A., Mariadi Kaharmen, H., & Nur Hakim, I. (2020). *Prototype* Alat Pendeteksi Kebakaran Berbasis Internet Of Things Dengan Aktifasi *Flame sensor* Menggunakan Arduino. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*, 7(2), 1–11. <https://doi.org/10.46447/ktj.v7i2.156>
- Siregar, T. H., Sutisna, S. P., Pramono, G. E., & Ibrahim, M. M. (2021). Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Iot Menggunakan Arduino. *AME (Aplikasi Mekanika Dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 7(2), 59. <https://doi.org/10.32832/ame.v7i2.5063>
- Sumarto. (2017). Sistem peringatan dini deteksi dan pemadam kebakaran berbasis raspberry pi [Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. In *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. <https://repository.its.ac.id/47576/>
- Sutantyo, E., & Susanti. (2022). Peranan Alat Deteksi Kebakaran Dalam Menunjang Keselamatan di Kapal MT. Mabrouk. *Jurnal Maritim Polimarin*, 8(1), 88–95. <https://doi.org/10.52492/jmp.v8i1.53>
- Waworundeng, J. M. S. (2020). Desain Sistem Deteksi Asap dan Api Berbasis Sensor, Mikrokontroler dan IoT. *CogITO Smart Journal*, 6(1), 117–127. <https://doi.org/10.31154/cogito.v6i1.239.117-127>
- Winarno, A., & Mastera, A. J. (2023). Desain Sistem Pendeteksi Kebakaran Hutan Dengan GPS Dan Telegram. *Tesla : Teknik Elektro*, 25(1), 1–12.