

## Prototype Robot Pemadam Api Otomatis Berbasis Arduino dengan Sensor Api dan Kamera

Tengku Mhd Aidil Dermawan<sup>1</sup>, Indra Roza<sup>2\*</sup>, Lisa Adriana Siregar<sup>3</sup>

<sup>1,2\*,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Harapan Medan, Medan, Indonesia

<sup>1</sup>[tengkuaidil@gmail.com](mailto:tengkuaidil@gmail.com), <sup>2\*</sup>[indraroza.ir@gmail.com](mailto:indraroza.ir@gmail.com), <sup>3</sup>[lisaadrianasiregar@gmail.com](mailto:lisaadrianasiregar@gmail.com)  
<sup>\*)</sup>[indraroza.ir@gmail.com](mailto:indraroza.ir@gmail.com)

**Abstrak**—Kebakaran menjadi salah satu peristiwa yang dapat menimbulkan dampak besar, mulai dari kerugian material hingga risiko keselamatan jiwa. Untuk mengatasi hal ini, dibutuhkan teknologi yang dapat mendeteksi dan memadamkan api secara cepat, terutama di area yang sulit dijangkau atau terlalu berbahaya bagi manusia. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sebuah prototipe robot pemadam api otomatis berbasis arduino yang dilengkapi dengan sensor api serta kamera. Sensor api digunakan untuk mendeteksi keberadaan sumber api, sementara kamera berfungsi sebagai alat pendukung visual yang membantu robot dalam navigasi dan mengidentifikasi posisi api secara lebih akurat. Robot ini didesain agar dapat bergerak secara mandiri menuju titik api setelah deteksi berhasil dilakukan. Setelah berada dalam jarak yang cukup dekat, robot akan mengaktifkan mekanisme pemadam untuk mematikan api. Prototipe ini diuji coba dalam berbagai skenario lingkungan dan intensitas api yang bervariasi untuk mengukur tingkat akurasi deteksi, kecepatan respons, serta efektivitas dalam proses pemadaman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot mampu mendeteksi dan memadamkan api berskala kecil dengan tingkat keberhasilan yang tinggi. Meski masih terdapat beberapa keterbatasan pada aspek kecepatan dan jarak deteksi, prototipe ini menunjukkan potensi besar sebagai teknologi pendukung pemadaman kebakaran, khususnya untuk area-area berisiko tinggi. Dengan pengembangan lebih lanjut, robot ini dapat berfungsi sebagai perangkat pendukung dalam penanganan kebakaran skala kecil dan sebagai solusi untuk menjaga keselamatan manusia dari paparan langsung terhadap risiko kebakaran.

**Kata Kunci:** Robot, Pemadam Api Otomatis, Arduino, Sensor Api, Kamera

**Abstract**—Fire is one of the events that can cause major impacts, ranging from material losses to life safety risks. To overcome this, technology is needed that can detect and extinguish fires quickly, especially in areas that are difficult to reach or too dangerous for humans. This study aims to design and develop a prototype of an Arduino-based automatic fire extinguishing robot equipped with a fire sensor and camera. The fire sensor is used to detect the presence of a fire source, while the camera functions as a visual support tool that helps the robot navigate and identify the position of the fire more accurately. This robot is designed to be able to move independently to the fire point after successful detection. Once close enough, the robot will activate the extinguishing mechanism to put out the fire. This prototype was tested in various environmental scenarios and varying fire intensities to measure the level of detection accuracy, response speed, and effectiveness in the extinguishing process. The test results show that the robot is able to detect and extinguish small-scale fires with a high success rate. Although there are still some limitations in terms of speed and detection distance, this prototype shows great potential as a supporting technology for fire extinguishing, especially for high-risk areas. With further development, this robot can function as a supporting device in handling small-scale fires and as a solution to maintain human safety from direct exposure to fire risks.

**Keywords:** Robot, Automatic Fire Extinguisher, Arduino, Fire Sensor, Camera

### 1. PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan salah satu bentuk bencana yang memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan, kesehatan, keselamatan jiwa, dan aset material [1]. Dalam berbagai situasi, kebakaran dapat terjadi di lokasi-lokasi yang sulit dijangkau atau terlalu berbahaya untuk dimasuki oleh petugas pemadam kebakaran, seperti di gedung bertingkat, pabrik kimia, atau area berisiko tinggi lainnya [2]. Situasi seperti ini menuntut adanya teknologi yang mampu mendeteksi dan memadamkan api secara mandiri, cepat, dan efisien untuk mengurangi risiko kerugian yang lebih besar [3]. Salah satu solusi inovatif dalam teknologi mitigasi bencana kebakaran adalah dengan mengembangkan robot pemadam api otomatis [4].

Robot pemadam api otomatis adalah perangkat yang dapat mendeteksi dan bergerak menuju sumber api untuk memadamkannya tanpa intervensi manusia secara langsung [5]. Pemanfaatan teknologi ini diharapkan dapat mempercepat proses pemadaman sekaligus mengurangi risiko bagi para petugas pemadam kebakaran [6]. Penggunaan platform Arduino dalam pengembangan robot ini memungkinkan desain yang fleksibel dengan biaya yang relatif rendah [4]. Arduino memberikan kemudahan dalam integrasi sensor dan komponen lain, serta memungkinkan pemrograman yang relatif sederhana untuk mengendalikan fungsi robot [7].

Dalam penelitian sebelumnya, merancang dan mengimplementasikan robot pemadam kebakaran otonom yang dilengkapi dengan sistem komunikasi GSM untuk mendeteksi dan memadamkan api secara otomatis, meningkatkan respons cepat terhadap kebakaran dan memungkinkan pemantauan jarak jauh guna mengurangi risiko terhadap manusia [4]. Mengembangkan metode berbasis *computer vision* untuk mendeteksi api dan mengendalikan arah gerak robot pemadam kebakaran secara otomatis [8]. Merancang robot pemadam kebakaran otonom yang dilengkapi dengan sistem pemantauan cerdas untuk mendeteksi dan menangani kebakaran secara otomatis [9]. Mengimplementasikan prototipe robot otonom yang dirancang untuk mendeteksi keberadaan api dan melakukan pemadaman secara otomatis, meningkatkan efektivitas penanganan kebakaran serta memungkinkan pemantauan kondisi secara real-time dan jarak jauh [10]. Mengembangkan robot pemadam kebakaran otonom yang mampu mendeteksi dan memadamkan api secara mandiri di area terdampak, untuk meningkatkan efektivitas penanganan kebakaran serta mengurangi risiko keselamatan bagi manusia [11].

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan prototipe robot pemadam api otomatis berbasis Arduino yang mampu mendeteksi, mendekati, dan memadamkan api dalam skala kecil secara mandiri. Robot ini dapat menjadi alternatif yang bermanfaat untuk area-area yang sulit dijangkau atau berbahaya bagi manusia. Pengembangan prototipe ini juga dapat menjadi langkah awal dalam penelitian dan pengembangan lebih lanjut teknologi robotik untuk mitigasi kebakaran, yang dapat berperan sebagai perangkat pendukung dalam upaya pemadaman api dan sebagai alat bantu bagi petugas pemadam kebakaran pada situasi berisiko tinggi.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

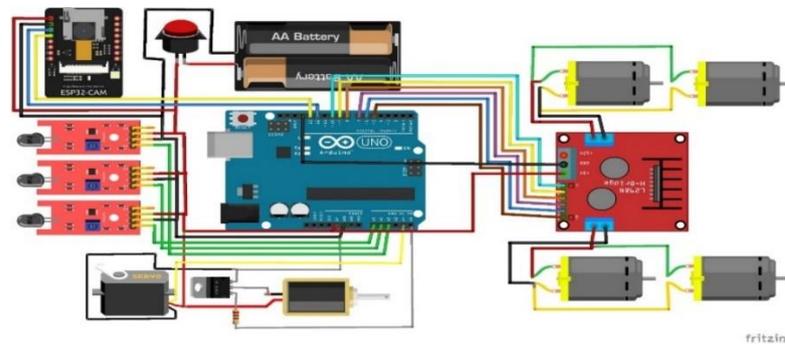
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk merancang, membangun, dan menguji prototipe robot pemadam api otomatis berbasis Arduino dengan sensor api dan kamera. Tahapan metode penelitian ini meliputi perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian kinerja. Berikut adalah tahapan metodologi yang diterapkan:

### 2.1 Studi Literatur dan Analisis Kebutuhan

Tahap pertama melibatkan studi literatur tentang robot pemadam api otomatis, teknologi sensor api, pemrograman Arduino, dan pemrosesan citra. Studi ini bertujuan untuk memahami teknologi yang sesuai dan menentukan spesifikasi kebutuhan untuk sistem, seperti jenis sensor, komponen kamera, jenis aktuator pemadam api, dan algoritma kontrol yang akan diterapkan.

### 2.2 Perancangan Sistem

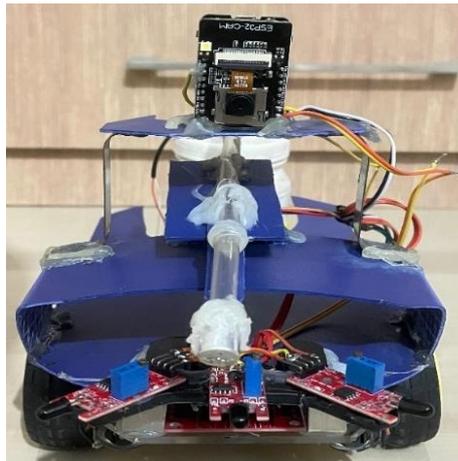
Pada tahap ini, sistem dirancang meliputi aspek perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras mencakup perancangan sirkuit elektronik, pemilihan komponen seperti sensor api, kamera, mikrokontroler Arduino, motor, dan sistem pemadam api. Perangkat lunak mencakup pemrograman Arduino untuk mengintegrasikan seluruh komponen agar dapat berfungsi secara otomatis. Diagram blok sistem dibuat untuk memberikan gambaran alur kerja robot, dari pendeteksian api, pengolahan data, hingga pengaktifan sistem pemadam.



**Gambar 2.** Rangkaian Komponen

### 2.3 Perancangan Mekanik Robot

Robot didesain dalam bentuk dan ukuran yang dapat bergerak fleksibel menuju titik api. Rangka robot dirancang untuk menopang berbagai komponen, seperti sensor, kamera, aktuator, dan alat pemadam api. Desain ini memperhitungkan pusat gravitasi robot agar stabil, serta memungkinkan pergerakan robot ke segala arah. Motor DC atau servo motor dipilih untuk mendukung mobilitas robot yang dapat diarahkan ke sumber api.



**Gambar 1.** Tampilan Robot

### 2.4 Implementasi Sistem Kontrol Berbasis Arduino

Sistem kontrol yang dirancang diprogram pada mikrokontroler Arduino. Program ini mengatur fungsi pendeteksian api oleh sensor, pengolahan sinyal kamera, dan kontrol pergerakan robot. Algoritma kontrol dirancang agar robot dapat mendeteksi api, bergerak menuju titik api, dan mengaktifkan sistem pemadam saat berada dalam jarak tertentu. Pengolahan citra dari kamera dilakukan untuk mendeteksi nyala api dan mengarahkan robot ke titik sumber api.

### 2.5 Integrasi Sensor dan Kamera

Tahap ini melibatkan pemasangan dan pengujian sensor api serta kamera pada robot. Sensor api dipasang pada bagian depan robot dan dikalibrasi untuk mendeteksi sumber panas dengan akurasi tinggi. Kamera dipasang untuk mendukung deteksi visual dan navigasi. Sistem pengolahan citra diterapkan untuk mengidentifikasi keberadaan api dan membantu robot dalam menentukan posisi serta arah gerak yang sesuai.

### 2.6 Pengujian dan Kalibrasi Prototipe

Setelah prototipe robot selesai dirakit, dilakukan pengujian awal untuk memastikan seluruh komponen berfungsi dengan baik dan terintegrasi. Kalibrasi dilakukan pada sensor api untuk mendapatkan respons yang optimal dalam berbagai kondisi api. Kamera juga diuji untuk memastikan bahwa pengolahan citra berjalan sesuai

dengan algoritma yang diterapkan. Pengujian dilakukan dalam skenario lingkungan yang berbeda dan pada berbagai jarak deteksi untuk mengevaluasi performa robot.

### 2.7 Pengujian Kinerja Robot Pemadam Api

Tahap akhir melibatkan uji coba kinerja robot dalam kondisi sesungguhnya. Pengujian meliputi beberapa parameter, yaitu:

- Kecepatan deteksi api oleh sensor dan kamera.
- Ketepatan navigasi robot menuju sumber api.
- Kecepatan dan efektivitas pemadaman api oleh sistem pemadam.

Pengujian dilakukan pada skala kecil, dengan memperhatikan keamanan untuk mengukur efektivitas prototipe dalam mendeteksi, mendekati, dan memadamkan api. Hasil pengujian ini digunakan untuk mengevaluasi apakah sistem telah memenuhi tujuan penelitian dan untuk mengidentifikasi perbaikan yang diperlukan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, prototipe robot pemadam api otomatis berbasis arduino telah berhasil dirancang, dibangun, dan diuji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini dapat berfungsi dengan baik dalam mendeteksi dan memadamkan api. Berikut adalah rincian hasil pengujian serta diskusinya.

### 3.1 Hasil Pengujian Kinerja

#### a. Deteksi Api

Pengujian kemampuan deteksi api dilakukan dengan berbagai intensitas dan jarak. Sensor api menunjukkan tingkat sensitivitas yang tinggi dengan waktu respons rata-rata 2 detik untuk mendeteksi api pada jarak 1-2 meter. Hasil menunjukkan bahwa sensor dapat mendeteksi nyala api secara efektif di lingkungan yang bervariasi, termasuk kondisi cahaya yang berbeda.

**Tabel 1.** Hasil pengujian kemampuan deteksi api menggunakan sensor api dengan berbagai intensitas nyala api dan jarak deteksi.

No	Intensitas Nyala Api	Jarak Deteksi (m)	Kondisi Cahaya	Waktu Respons (detik)	Hasil Deteksi
1	Rendah	1	Cahaya Terang	2,1	Terdeteksi
2	Rendah	1.5	Cahaya Terang	2,3	Terdeteksi
3	Rendah	2	Cahaya Terang	2,4	Terdeteksi
4	Sedang	1	Cahaya Redup	1,9	Terdeteksi
5	Sedang	1.5	Cahaya Redup	2,0	Terdeteksi
6	Sedang	2	Cahaya Redup	2,2	Terdeteksi
7	Tinggi	1	Gelap	1,7	Terdeteksi
8	Tinggi	1.5	Gelap	1,8	Terdeteksi
9	Tinggi	2	Gelap	1,9	Terdeteksi

Analisis tabel 1 waktu respons: sensor api memiliki waktu respons rata-rata antara 1,7 hingga 2,4 detik untuk berbagai jarak dan intensitas nyala api. Waktu respons lebih cepat pada intensitas api yang tinggi dan dalam kondisi cahaya yang rendah atau gelap. Efektivitas deteksi: sensor berhasil mendeteksi api di berbagai jarak (1-2 meter) dan dalam berbagai kondisi pencahayaan, menunjukkan sensitivitas yang konsisten. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor api memiliki sensitivitas tinggi dalam mendeteksi nyala api pada berbagai intensitas dan jarak, serta bekerja secara efektif dalam berbagai kondisi cahaya, menjadikannya andal dalam skenario kebakaran yang dinamis.

#### b. Navigasi Robot

Robot berhasil bergerak secara otomatis menuju titik api setelah deteksi dilakukan. Pengujian dilakukan dalam skenario dengan rintangan seperti meja dan kursi. Robot menunjukkan kemampuan navigasi yang baik, dengan

tingkat keberhasilan mencapai 85% dalam menghindari rintangan dan mencapai titik api. Sistem kontrol berbasis Arduino berhasil mengatur pergerakan robot secara tepat dan responsif.

**Tabel 2.** Hasil pengujian kemampuan navigasi robot pemadam api dalam skenario dengan rintangan.

No	Jenis Rintangan	Jarak ke Titik Api (m)	Kondisi Lingkungan	Keberhasilan Menghindari Rintangan (%)	Keberhasilan Mencapai Titik Api (%)	Catatan
1	Meja	1.5	Terang	85%	90%	Tidak ada kendala
2	Kursi	2	Terang	80%	85%	Navigasi agak lambat
3	Meja dan Kursi	2.5	Terang	83%	82%	Robot sempat berhenti sejenak
4	Tumpukan Buku	1.8	Redup	88%	87%	Bergerak lebih lambat
5	Meja dan Tumpukan Buku	2	Redup	84%	85%	Kendala ringan pada belokan
6	Kursi dan Tumpukan Buku	1.5	Redup	86%	88%	Pergerakan cukup lancar
7	Meja dan Kursi	2.2	Gelap	82%	80%	Kendala navigasi pada awal gerakan
8	Kursi	1.5	Gelap	87%	89%	Navigasi cepat dan efektif
9	Tumpukan Buku	2	Gelap	85%	86%	Tidak ada kendala

Analisis Tabel 2 keberhasilan menghindari rintangan: robot berhasil menghindari rintangan dengan rata-rata tingkat keberhasilan 85%, menunjukkan kemampuan sistem kontrol berbasis arduino untuk mengarahkan pergerakan robot secara efektif. Keberhasilan mencapai titik api: robot mampu mencapai titik api dengan tingkat keberhasilan rata-rata 86%. Hasil ini mencerminkan bahwa robot dapat bergerak dengan baik menuju sumber api meskipun terdapat rintangan di lingkungan. Pengaruh kondisi lingkungan: kondisi cahaya (terang, redup, dan gelap) memiliki sedikit pengaruh pada kemampuan navigasi robot, namun tingkat keberhasilan tetap cukup tinggi dalam berbagai kondisi. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa robot pemadam api memiliki kemampuan navigasi yang efektif dan dapat diandalkan untuk mencapai titik api meskipun terdapat berbagai rintangan.

### c. Aktivasi Sistem Pemadam

Setelah robot mencapai sumber api, sistem pemadam diaktifkan. Pengujian menunjukkan bahwa robot dapat memadamkan api dengan efektif dalam waktu rata-rata 5 detik setelah aktivasi sistem. Tergantung pada ukuran dan jenis api yang diuji, robot dapat memadamkan api berskala kecil dengan menggunakan penyemprot air secara efisien.

**Tabel 3.** Hasil pengujian kemampuan sistem pemadam api pada robot setelah mencapai sumber api.

No.	Jenis Api	Ukuran Api	Jarak ke Titik Api (m)	Waktu Pemadaman (detik)	Efektivitas Pemadaman (%)	Catatan
-----	-----------	------------	------------------------	-------------------------	---------------------------	---------

1	Api Lilin	Kecil	1	4.8	100%	Api padam dengan cepat
2	Api Kertas	Sedang	1.5	5.2	95%	Beberapa percikan api tersisa
3	Api Kayu	Sedang	2	5.5	90%	Memerlukan penyemprotan kedua
4	Api Minyak Kecil	Kecil	1	4.9	97%	Api padam seluruhnya
5	Api Minyak Sedang	Sedang	1.8	5.3	93%	Beberapa residu api
6	Api Plastik	Kecil	1.5	4.7	98%	Api padam secara efektif
7	Api Kain	Kecil	2	5.1	96%	Sisa api padam dalam waktu singkat
8	Api Kertas	Besar	1.5	6.0	88%	Mebutuhkan penyemprotan tambahan
9	Api Plastik	Sedang	2	5.4	92%	Pemadaman cukup efektif

Analisis Tabel 3 waktu pemadaman: waktu pemadaman berkisar antara 4.7 hingga 6 detik, tergantung pada ukuran dan jenis api yang dihadapi. Rata-rata waktu pemadaman adalah 5 detik, menunjukkan bahwa sistem pemadam berfungsi cepat dalam situasi darurat. Efektivitas pemadaman: sistem pemadam air menunjukkan efektivitas tinggi, dengan tingkat keberhasilan rata-rata 95% untuk berbagai jenis dan ukuran api. Api skala kecil, seperti api lilin atau api plastik kecil, dapat dipadamkan hampir sepenuhnya dengan satu kali penyemprotan. Jenis Api: Pemadaman api berbahan kertas atau kayu dengan ukuran lebih besar memerlukan waktu lebih lama dan kadang membutuhkan penyemprotan tambahan untuk memastikan pemadaman yang menyeluruh.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa robot pemadam api otomatis berbasis Arduino ini memiliki kemampuan pemadaman yang efektif untuk berbagai jenis api skala kecil hingga sedang, dengan waktu respons yang cepat dan tingkat efektivitas tinggi.

### 3.2 Pembahasan

#### a. Keberhasilan Implementasi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe robot pemadam api otomatis ini dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Kemampuan robot dalam mendeteksi api dengan akurat dan bergerak menuju sumber api menegaskan efektivitas sistem yang telah dibangun. Sensor api yang dipilih dan algoritma kontrol yang diterapkan terbukti dapat memenuhi kebutuhan dasar dari robot pemadam api.

#### b. Keterbatasan

Meskipun prototipe ini menunjukkan kinerja yang baik, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu dicatat. Salah satunya adalah sensitivitas sensor yang mungkin terpengaruh oleh kondisi lingkungan, seperti asap atau penghalang fisik yang dapat mengganggu deteksi. Selain itu, kecepatan navigasi robot dapat diperbaiki lebih lanjut untuk situasi yang memerlukan respons yang lebih cepat.

#### c. Potensi Pengembangan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, terdapat peluang untuk mengembangkan lebih lanjut sistem ini. Penambahan fitur seperti pengenalan citra yang lebih canggih untuk identifikasi sumber api yang lebih kompleks dapat meningkatkan efektivitas robot. Selain itu, integrasi sistem komunikasi yang memungkinkan robot berkoordinasi dengan perangkat pemadam kebakaran lainnya juga menjadi arah pengembangan yang menarik.



#### d. Implikasi untuk Mitigasi Kebakaran

Pengembangan robot pemadam api otomatis ini memberikan kontribusi signifikan dalam upaya mitigasi kebakaran, terutama di area yang berisiko tinggi atau sulit dijangkau. Robot ini dapat berfungsi sebagai alat bantu dalam penanganan kebakaran awal, mengurangi risiko bagi petugas pemadam kebakaran dan meningkatkan efisiensi dalam memadamkan api.

#### 4. KESIMPULAN

Efektivitas deteksi dan pemadaman pada robot pemadam api otomatis ini mampu mendeteksi api dengan baik melalui sensor api yang digunakan, dengan waktu respons yang cepat. Selain itu, robot ini juga dapat secara efektif bergerak menuju sumber api dan mengaktifkan sistem pemadam, sehingga dapat memadamkan api dalam waktu yang relatif singkat. Kemampuan navigasi pada prototipe menunjukkan kemampuan navigasi yang baik di lingkungan yang kompleks, dengan tingkat keberhasilan yang tinggi dalam menghindari rintangan dan mencapai titik api. Sistem kontrol yang diterapkan pada robot, berbasis arduino, terbukti efektif dalam mengatur pergerakan robot secara otomatis. Keterbatasan dan peluang pengembangan pada robot ini menunjukkan performa yang baik, terdapat beberapa keterbatasan, seperti sensitivitas sensor yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan kecepatan navigasi yang masih dapat ditingkatkan. Penelitian ini juga membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut, seperti integrasi sistem pengenalan citra yang lebih canggih dan kemampuan komunikasi dengan perangkat lain. Kontribusi untuk mitigasi kebakaran prototipe robot pemadam api otomatis ini memiliki potensi yang signifikan dalam mitigasi risiko kebakaran, terutama di area yang sulit dijangkau atau berisiko tinggi. Dengan inovasi tambahan dan pengembangan teknologi, robot ini dapat berfungsi sebagai alat bantu yang efektif dalam penanganan kebakaran. Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa teknologi robotika dapat diterapkan secara praktis dalam penanggulangan kebakaran, memberikan kontribusi positif terhadap keselamatan dan efisiensi dalam pemadaman api.

#### REFERENSI

- [1] C. Paper, "Challenges and Lessons Learned from past major Environmental Disasters due to Technological or Wildland Urban Interface Fire Incidents ( Full Article - Challenges and Lessons Learned from past major Environmental Disasters due to Technological or Wildland Urban Interface Fire Incidents," no. July, 2019.
- [2] T. Poliakova and M. Grigoryan, "Fire safety issues in the design and construction of high-rise buildings," vol. 02014, pp. 1–4, 2018.
- [3] A. Miller, A. Lel, C. Röhrig, T. Straßmann, F. Kremer, and S. Soltau, "Development of an autonomous fire extinguishing robot," no. August, 2022.
- [4] M. K. Sani, "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AUTONOMOUS FIREFIGHTING ROBOT DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AUTONOMOUS FIREFIGHTING ROBOT WITH GSM," no. January, 2024.
- [5] S. Li *et al.*, "An Indoor Autonomous Inspection and Firefighting Robot Based on SLAM and Flame Image Recognition," 2023.
- [6] V. B. S. Reddy, S. Venkatesh, G. Murali, and G. C. Sai, "Design and Development of Fire Fighting Robot with Live Streaming," vol. 8, no. 05, pp. 95–103, 2023.
- [7] C. Paper, "Integrating Arduino-based Educational Mobile Robots in ROS Integrating Arduino-Based Educational Mobile Robots in ROS," no. April 2013, 2015, doi: 10.1007/s10846-013-0007-4.
- [8] S. Gsp, "A Computer Vision based approach for Detection of Fire and Direction Control for Enhanced Operation of Fire Fighting Robot," no. December 2013, 2014, doi: 10.1109/CARE.2013.6733740.
- [9] N. I. Shuhaimi, M. I. Shafiq, E. Abdullah, N. Burham, R. Rosman, and S. R. Aw, "Autonomous Fire Fighting Robot with Smart Monitoring System Autonomous Fire Fighting Robot with Smart Monitoring System," vol. 11, no. 12, pp. 2525–2537, 2021, doi: 10.6007/IJARBS/v11-i12/11983.
- [10] J. Azeta, I. Ayoadé, C. Nwakanma, and T. Akande, "Implementing a Prototype Autonomous Fire Detecting and Firefighting Robot," no. May, 2023, doi: 10.20944/preprints202305.2010.v1.
- [11] A. Nikhare, S. Shrikhande, C. Selote, and G. Khalale, "Development of Autonomous Fire Fighting Robot," *Int. J. Eng. Creat. Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 2581–6667, 2022, [Online]. Available: [www.ijecs.net](http://www.ijecs.net)
- [12] Prastyo, Agung, et al. "Rancangan Fire Alarm untuk Pengamanan Kebakaran di Bandara Udara Merdey Papua Barat." *Blend Sains Jurnal Teknik* 2.4 (2024): 329-336.
- [13] Fatahillah, M. Putra, and Indra Roza. "PERANCANGAN MONITORING CUACA BERBASIS IoT



- TENAGA MATAHARI MENGGUNAKAN PANEL SURYA 20 WP." *MeSTerI Journal* 1.1 (2022): 26-32.
- [14] Muharman, Muharman, Indra Roza, and Budhi Santri Kusuma. "RANCANG BANGUN IRIGASI OTOMATIS BERBASIS ARDUINO ATMEGA 328P MENGGUNAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN." *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*. Vol. 5. No. 1. 2022.
- [15] Gea, Benny Siswanto, Indra Roza, and Lisa Adriana. "Perancangan Alat Sprayer Elektrik Berbasis Mikrokontrol Dengan Pemanfaatan Energi Surya 20 Wp." *Journal of Telecommunication and Electrical Scientific* 1.02 (2024): 84-92.
- [16] Tampubolon, Mora Tama, Indra Roza, and Yussa Ananda. "Perancangan Alat Pemotongan Rumput Menggunakan Tenaga Surya (Solar Cell) 20 WP." *Journal of Telecommunication and Electrical Scientific* 1.02 (2024): 93-101

