

Deteksi Api Menggunakan Pengolahan Citra dengan Metode SIFT pada *Smart Fire Extinguisher* Berbasis IoT

Yunita Putri Indraswari^{1*}, Siiriin Nisrinaa², Rika Novita Wardhani³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Jakarta

*Email: yunita.putri.indraswari.te21@mhs.wpnj.ac.id

Abstract

Fires that go undetected in their early stages can cause significant material losses and endanger human lives. This study aims to develop an automatic fire extinguishing system based on the Internet of Things (IoT) capable of detecting and responding to fire in real-time. The system utilizes a camera processed using the Scale-Invariant Feature Transform (SIFT) algorithm on a Raspberry Pi 3 to identify visual fire patterns, supported by a DHT11 temperature sensor and an MQ-2 gas sensor for environmental monitoring. When fire is detected, the system activates a buzzer and drives a 3-DOF robotic arm, controlled by an ESP32 microcontroller, to precisely direct and release a fireball dry chemical powder to the fire source. The entire monitoring and control process can be accessed remotely via a mobile application. Test results show a detection and suppression success rate of 90%, with an average extinguishing time of 6 seconds and a data transmission delay of 1.259 seconds. With its responsive, accurate, and integrated performance, this system offers an intelligent and adaptive fire mitigation solution for emergency situations.

Keywords: Fire detection, fireball, image processing, IoT, robotic arm

Abstrak

Kebakaran yang tidak terdeteksi sejak dini dapat menimbulkan kerugian besar, baik secara material maupun keselamatan jiwa. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pemadam kebakaran otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mendeteksi dan merespons api secara *real-time*. Sistem ini memanfaatkan kamera yang diolah menggunakan algoritma *Scale-Invariant Feature Transform* (SIFT) pada Raspberry Pi 3 untuk mengenali pola visual api, serta didukung sensor suhu DHT11 dan sensor gas MQ-2 sebagai pendeteksi lingkungan. Saat api terdeteksi, sistem mengaktifkan buzzer dan menggerakkan arm robot 3-DOF yang dikendalikan oleh ESP32 untuk mengarahkan dan melepaskan *fireball dry chemical powder* ke titik api secara presisi. Seluruh proses pemantauan dan pengendalian dapat dilakukan secara jarak jauh melalui aplikasi mobile. Hasil pengujian menunjukkan tingkat pemadaman api sebesar 90%, dengan rata-rata waktu pemadaman 6 detik dan delay transmisi data sebesar 1,259 detik. Dengan kinerja yang responsif, akurat, dan terintegrasi, sistem ini menawarkan solusi mitigasi kebakaran yang cerdas dan adaptif terhadap situasi darurat.

Kata kunci: Deteksi api, fireball, pengolahan citra, IoT, arm robot

1. Pendahuluan

Kebakaran merupakan salah satu bencana yang paling sering terjadi di Indonesia dan dapat menimbulkan kerugian besar, baik secara material maupun terhadap keselamatan jiwa [1]. Sebagian besar kebakaran disebabkan oleh sumber api yang tidak terkendali, seperti korsleting listrik akibat kelalaian dalam penggunaan perangkat elektronik [2]. Sayangnya, kejadian kebakaran umumnya baru disadari ketika api telah membesar atau asap telah mengepul keluar dari bangunan, sehingga upaya penanggulangan menjadi terlambat dan kerugian pun semakin besar [3].

Untuk mengantisipasi hal tersebut, diperlukan sistem keamanan bangunan yang mampu mendeteksi kebakaran sejak dini. Deteksi awal tidak hanya membantu dalam proses evakuasi, tetapi juga memungkinkan tindakan pemadaman dilakukan lebih cepat [4]. Berdasarkan data dari Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan (Gulkarmat) Provinsi DKI Jakarta, sepanjang tahun 2020 tercatat 243 kasus kebakaran, dengan rata-rata empat kejadian per hari [5]. Angka ini menunjukkan bahwa kebakaran, khususnya di wilayah perkotaan seperti Jakarta, masih menjadi permasalahan serius yang membutuhkan penanganan lebih efektif melalui pemanfaatan teknologi yang andal dan responsif.

Deteksi dan penanggulangan kebakaran dini kini dikembangkan melalui sistem otomatis berbasis pengolahan citra visual, yang memungkinkan identifikasi api secara real-time [6]. Di sisi lain, teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan perangkat saling terhubung dan mengirim data secara cepat dan akurat, sehingga sistem dapat merespons kebakaran secara efisien dan terintegrasi [7]. Namun, sebagian besar sistem yang ada masih bersifat konvensional dan belum memanfaatkan IoT secara optimal [8]. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengembangan *Smart Fire Extinguisher* berbasis IoT dengan deteksi api otomatis

menggunakan pengolahan citra.

Penelitian mengenai sistem deteksi kebakaran berbasis IoT terus berkembang untuk meningkatkan kecepatan respons. Yonatan Surya Kristama dan Indrastanti Ratna Widiasari mengembangkan sistem berbasis NodeMCU yang dapat mengaktifkan *buzzer* dan LED serta mengirim notifikasi ke Telegram saat sensor mendeteksi api [9]. Sementara itu, Fadilah Ramadah dkk. mengembangkan sistem deteksi api berbasis pengolahan citra menggunakan algoritma YOLOv3, yang menunjukkan akurasi sebesar 91,60% dan presisi 83,73%, lebih unggul dibandingkan *Haar Cascade Classifier* [5].

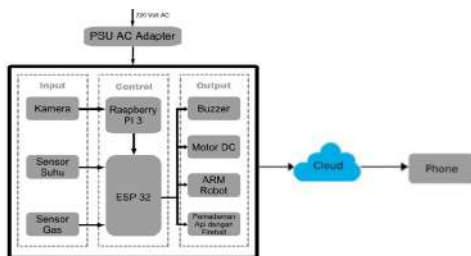
Berbeda dengan kedua penelitian tersebut, penelitian ini mengusulkan sistem deteksi dan pemadaman kebakaran otomatis berbasis metode *Scale Invariant Feature Transform* (SIFT) untuk mengenali pola visual api secara real-time dari tangkapan kamera. SIFT dipilih karena mampu mendeteksi ciri visual api yang dinamis serta tidak bergantung pada ukuran dan orientasi objek [10]. Sistem ini dilengkapi dengan *fireball dry chemical powder*, yaitu bola pemadam api berisi serbuk kimia khusus untuk memadamkan api yang akan meledak saat terkena panas. *Fireball* diarahkan secara presisi ke titik api menggunakan arm robot otomatis yang terpasang di plafon bangunan. Teknologi *Internet of Things* (IoT) juga diterapkan, memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem jarak jauh melalui aplikasi smartphone, sehingga menghadirkan solusi yang efisien, terintegrasi, dan responsif terhadap kebakaran.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) untuk merancang dan mengembangkan sistem *Smart Fire Extinguisher* yang mampu melakukan deteksi api otomatis berbasis citra menggunakan algoritma SIFT (*Scale-Invariant Feature Transform*) [11]. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi pola visual nyala api secara

real-time melalui kamera, kemudian secara otomatis mengaktifkan alat pemadam berupa *Fireball Dry Chemical Powder*. Pada tahap uji coba, pendekatan eksperimen digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam mengenali api dan merespons kebakaran secara cepat dan tepat. Hasil pengujian dianalisis untuk menilai akurasi deteksi serta efektivitas sistem dalam menanggulangi kebakaran sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang.

2.1. Diagram Blok

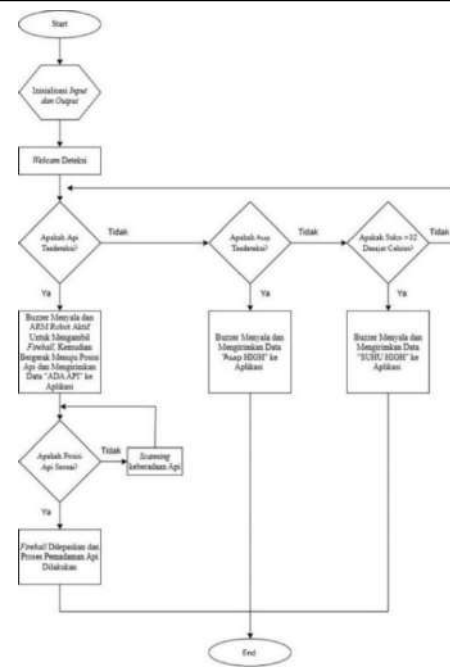


Gambar 1. Diagram blok alat

Diagram blok *Smart Fire Extinguisher* yang disajikan pada Gambar 1, terdiri dari tiga bagian utama: *input*, *control*, dan *output*. *Input* mencakup kamera sebagai pendeteksi utama memanfaatkan metode SIFT untuk mengidentifikasi api melalui Raspberry Pi 3, sensor suhu DHT11, dan sensor asap MQ-2 terhubung ke ESP32. Hasil deteksi dikirim ke *cloud* melalui Anto.io dan dapat dipantau secara *real-time* lewat aplikasi. *Output* sistem berupa buzzer, motor stepper, dan *Arm robot* 3-DOF yang secara otomatis mengarahkan fireball untuk memadamkan api.

2.2. Flowchart

Gambar 2 menunjukkan *flowchart* sistem deteksi dan pemadaman api otomatis yang menggabungkan sensor, kamera, dan *arm robot*. Proses dimulai dengan inialisasi komponen untuk memastikan sistem siap digunakan. Deteksi api dilakukan melalui *webcam*, dan jika terdeteksi, buzzer akan menyala, *arm robot* bergerak mengambil *fireball*, dan sistem mengirim notifikasi "ADA API" ke aplikasi. Secara paralel, sensor suhu dan gas memantau kondisi lingkungan.

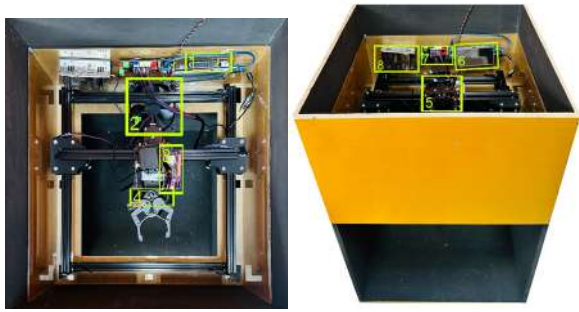


Gambar 2. Flowchart alat

Jika terdeteksi gas berbahaya atau suhu melebihi 50°C, sistem akan mengaktifkan buzzer dan mengirim peringatan ke aplikasi *mobile*. Setelah robot mencapai titik api, *fireball* dilepaskan secara otomatis untuk memadamkan api. Alur ini menunjukkan integrasi antara deteksi dini dan respons aktif dalam menghadapi kebakaran.

2.3. Implementasi Sistem

Perangkat keras sistem ditempatkan dalam rangka berbahan tripleks yang berfungsi sebagai pelindung utama. Bagian atas rangka dilengkapi akrilik transparan untuk memudahkan pengamatan komponen di dalamnya. Ruang pemadaman didesain dengan dimensi 50 cm × 50 cm × 50 cm dan berfungsi sebagai area utama untuk simulasi pemadaman api. *Arm robot* dipasang pada permukaan rangka, sedangkan *fireball* diletakkan dalam wadah akrilik transparan terpisah. Area deteksi api memiliki dimensi 20 cm × 20 cm dan menjadi fokus utama *webcam* dalam mendeteksi keberadaan api. Gambar 3 menampilkan bentuk fisik beserta komponen-komponen yang digunakan dalam sistem ini.

Gambar 3. Bentuk fisik *smart fire extinguisher*

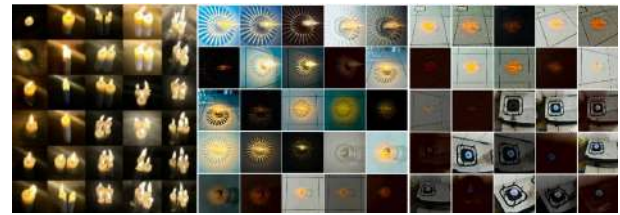
Keterangan dari Gambar 3 dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel ini memuat daftar komponen utama yang digunakan dalam sistem, lengkap dengan nomor urut yang sesuai dengan penomoran pada gambar.

Tabel 1. Komponen yang digunakan

NO	Nama Komponen
1	Raspberry Pi 3 model B
2	Kipas
3	NodeMCU ESP32
4	Webcam
5	ARM Robot
6	LCD
7	Driver Motor Stepper
8	PSU

2.4. Realisasi Model Deteksi Api

Database api yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 130 gambar nyala api yang diambil di dalam ruangan dengan berbagai kondisi. Gambar-gambar ini dikumpulkan untuk melatih model deteksi api agar mampu mengenali keberadaan api secara otomatis dan *real-time* melalui kamera *webcam*. Setiap gambar merepresentasikan variasi bentuk nyala api, ukuran, dan intensitas cahaya. Kondisi pencahayaan dalam pengambilan gambar juga divariasikan, mulai dari gelap, sedang, hingga terang. Gambar diambil dari beberapa sudut pandang seperti atas, samping, dan diagonal untuk menyesuaikan dengan kondisi nyata saat sistem digunakan. Gambar 4 memperlihatkan variasi database api yang digunakan dalam penelitian ini.

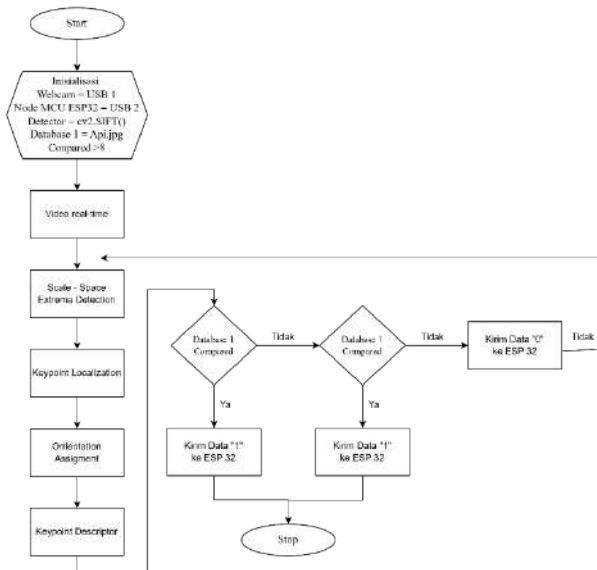


Gambar 4. Database api

Proses augmentasi database dilakukan secara manual untuk meningkatkan ketahanan model terhadap berbagai kondisi. Augmentasi mencakup variasi pencahayaan, sudut kamera, jarak antara objek dan kamera, serta komposisi api dalam frame [12]. Semua gambar disimpan dalam format JPG atau JPEG dengan resolusi yang menyesuaikan input webcam. Database ini kemudian digunakan untuk melatih model deteksi visual pada Raspberry Pi 3, yang diintegrasikan dengan sistem pemadaman api otomatis berbasis NodeMCU ESP32, sehingga sistem mampu merespons secara cepat saat api terdeteksi.

2.5. Realisasi Alat

Sistem *Smart Fire Extinguisher* yang dirancang menggunakan media pemadam *Fireball Dry Chemical Powder* terdiri atas integrasi perangkat keras dan perangkat lunak. Pada sistem ini, Raspberry Pi 3 berfungsi sebagai pusat pemrosesan citra dalam mendeteksi keberadaan api. *Webcam* yang terhubung melalui kabel USB digunakan untuk menangkap citra secara *real-time*, kemudian dilakukan deteksi visual menggunakan algoritma pencocokan *keypoint* dari citra referensi guna mengenali pola nyala api. Apabila pola api terdeteksi, Raspberry Pi akan mengirimkan sinyal digital ke ESP32 untuk menjalankan proses pemadaman secara otomatis.



Gambar 5. Flowchart pada raspberry Pi 3

Gambar 5 menunjukkan alur kerja sistem pada Raspberry Pi 3 dalam bentuk *flowchart*, mulai dari pengambilan citra oleh kamera, pemrosesan citra untuk deteksi pola api, hingga pengiriman sinyal ke mikrokontroler ESP32. Flowchart ini menggambarkan bahwa sistem dirancang beroperasi secara berkesinambungan sehingga proses deteksi dan respon dapat berlangsung secara *real-time*.

NodeMCU ESP32 berperan sebagai pengontrol aktuator, ESP32 akan mengaktifkan buzzer dan menggerakkan arm robot 3-DOF yang terdiri dari tiga servo motor (*base rotation, shoulder, dan gripper*), serta dua motor stepper yang dikendalikan melalui driver A4988.

2.6. Realisasi Aplikasi Mobile

Untuk mendukung pemantauan sistem secara jarak jauh, dikembangkan sebuah aplikasi *mobile*. Aplikasi ini dirancang agar pengguna dapat mengakses data sensor secara *real-time* dan melakukan tindakan cepat saat keadaan darurat.



Gambar 6. (a) Tampilan login, (b) Tampilan monitoring, dan (c) Tampilan call damkar

Berdasarkan Gambar 6, aplikasi ini memiliki beberapa fitur utama, di antaranya halaman *login* dan *register* yang digunakan untuk proses autentikasi pengguna, memastikan hanya pengguna terdaftar yang dapat mengakses sistem. Fitur *monitoring* memungkinkan pengguna melihat data sensor suhu dan gas secara *real-time* untuk mengetahui kondisi lingkungan terkini. Terdapat fitur *Call Damkar* sebagai tombol darurat yang dapat langsung digunakan untuk menghubungi layanan pemadam kebakaran saat sistem mendeteksi kondisi berbahaya.

Gambar 7 menunjukkan fitur notifikasi otomatis yang akan memberikan peringatan kepada pengguna secara *real-time* ketika sistem mendeteksi ambang batas suhu atau konsentrasi asap yang tidak normal, sehingga memungkinkan respons cepat terhadap potensi bahaya.



Gambar 7. Notifikasi pada aplikasi mobile

3. Hasil Penelitian

3.1. Pengujian Tingkat Keberhasilan Deteksi Api Menggunakan Kamera

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi api otomatis berbasis *computer vision* menggunakan algoritma SIFT yang diimplementasikan secara *real-time*. Sistem dirancang untuk mendeteksi objek api dari nyala lilin melalui pencocokan fitur visual antara citra kamera dan database referensi, dengan fokus pada kecepatan respons dan akurasi deteksi dalam berbagai kondisi pencahayaan dan posisi api.



Gambar 8. Hasil pendeteksian api dengan metode SIFT

Gambar 8 menunjukkan hasil implementasi sistem saat mendeteksi api, dengan *output* koordinat posisi X dan Y yang ditampilkan secara kontinu di terminal. Hasil pengujian tingkat keberhasilan deteksi api menggunakan kamera pada percobaan 1–10 mencakup beberapa aspek yang disajikan dalam Tabel 3 berikut ini.

Tabel 2. Pengujian data hasil tingkat keberhasilan deteksi api dengan kamera

Percobaan	Position Nilai X	Position Nilai Y	Ket
1	61	28	Berhasil
2	67	39	Berhasil

3	71	46	Berhasil
4	94	49	Berhasil
5	121	38	Berhasil
6	144	36	Berhasil
7	117	67	Berhasil
8	79	76	Berhasil
9	59	74	Berhasil
10	59	76	Berhasil

Sistem berhasil mendeteksi keberadaan api dan menentukan koordinat posisi X dan Y pada seluruh sepuluh percobaan dengan output yang stabil dan akurat. Hasil ini menunjukkan bahwa metode pengolahan citra menggunakan algoritma SIFT mampu mengenali pola visual api secara konsisten. Tingkat keberhasilan deteksi mencapai 100%, menandakan sistem bekerja optimal dalam mengenali dan melokalisasi objek api.

3.2. Pengujian Pemadaman Api

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji sistem pemadaman api otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 dengan kendali *arm robot* yang merespons secara *real-time* terhadap deteksi api. Sistem dirancang untuk mengambil dan melepaskan *fireball* ke sumber api berdasarkan sinyal dari kamera pendeteksi berbasis citra. Ketika api terdeteksi, *arm robot* akan bergerak menuju posisi api dan melepaskan *fireball* secara otomatis. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi keberhasilan sistem dalam menyelesaikan seluruh rangkaian proses pemadaman, dari deteksi hingga pelepasan *fireball*, secara cepat dan tepat. Hasil pengujian pemadaman api disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian data hasil pemadaman api

Perco baan	Pengambilan <i>fireball</i> dengan <i>arm</i> <i>robot</i>	<i>Arm robot</i> menuju ke posisi api	Melepaskan <i>fireball</i>	Pemadaman Api	Waktu Pemadaman (detik)	Ket
1	✓	✓	✓	✓	5	Berhasil
2	✓	✓	✓	✓	3	Berhasil
3	✓	✓	✓	✓	6	Berhasil
4	✓	✓	✓	✓	7	Berhasil
5	✓	✓	✓	✓	4	Berhasil
6	✓	✓	✓	✓	9	Berhasil
7	✓	✓	✓	✓	5	Berhasil
8	✓	✓	✗	✗	-	Gagal Melepaskan <i>Fireball</i>
9	✓	✓	✓	✓	8	Berhasil
10	✓	✓	✓	✓	6	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, sistem berhasil menjalankan seluruh proses pemadaman, mulai dari pengambilan *fireball*, pergerakan menuju titik api, hingga pelepasan dan pemadaman, pada 9 dari 10 percobaan. Kegagalan terjadi pada percobaan ke-8, di mana sistem tidak berhasil melepaskan *fireball* secara tepat, sehingga proses pemadaman tidak dapat dilakukan. Meskipun demikian, sistem menunjukkan performa yang konsisten dan responsif dalam sebagian besar pengujian, dengan waktu pemadaman rata-rata 6 detik. Dengan demikian, tingkat keberhasilan sistem dalam menjalankan pemadaman otomatis mencapai 90%, menandakan bahwa sistem cukup andal dan layak dikembangkan lebih lanjut untuk situasi darurat kebakaran skala kecil.

3.3. Pengujian Transmisi Data Sensor Ke Aplikasi *Mobile*

Pengujian ini bertujuan mengukur performa transmisi data sensor ke aplikasi *mobile*, dengan fokus pada kecepatan dan *delay*. Hasil pengujian memberikan gambaran seberapa cepat data dapat dikirim dan diterima oleh pengguna secara *real-time*. Selain itu, pengujian ini juga membantu mengevaluasi stabilitas jaringan serta responsivitas sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan. Hasil pengujian transmisi data sensor ke aplikasi *mobile*, dapat disajikan dalam Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Hasil pengujian transmisi data sensor ke aplikasi *mobile*

Uji	Data Sensor			Waktu Kirim	Waktu Terima	Delay (s)	Keterangan
	Asap (PPM)	Suhu Ruangan (°C)	Api				
1	854,21	28,40	Terdeteksi	11:02:51.237	11:02:51.628	1.391	Berhasil
2	1054,34	30,60	Terdeteksi	11:03:01.507	11:03:02.599	1.092	Berhasil
3	781,86	31,30	Terdeteksi	11:03:06.622	11:03:07.818	1.196	Berhasil
4	342,46	32,70	Terdeteksi	11:03:11.786	11:03:12.884	1.098	Berhasil
5	916,95	39,50	Terdeteksi	11:04:08.344	11:04:09.385	1.041	Berhasil

6	629,36	38,40	Terdeteksi	11:04:18.606	11:04:19.569	0.963	Berhasil
7	1001,93	41,50	Terdeteksi	11:05:04.88	11:05:05.096	1.008	Berhasil
8	954,37	39,10	Terdeteksi	11:05:20.302	11:05:21.652	1.350	Berhasil
9	883,32	37,40	Terdeteksi	11:05:30.574	11:05:32.088	1.514	Berhasil
10	261,98	36,64	Terdeteksi	11:06:46.010	11:06:47.902	1.892	Berhasil
<i>Delay</i>						1,259	

Berdasarkan 10 percobaan pengujian pada Tabel 5, sistem berhasil mendeteksi keberadaan api dan mengirimkan data sensor suhu dan asap ke aplikasi IoT dengan tingkat keberhasilan 100%. Rata-rata waktu tunda (*delay*) antara waktu pengiriman dan penerimaan data adalah 1,259 detik. Seluruh data berhasil dikirim dan diterima tanpa gangguan jaringan yang berarti.

Sistem menunjukkan respons yang konsisten dalam mentransmisikan data dari sensor ke aplikasi seluler melalui koneksi internet. Hal ini menunjukkan bahwa sistem IoT yang digunakan memiliki stabilitas dan kecepatan komunikasi yang memadai untuk mendukung fungsi pemantauan dan pengendalian kebakaran secara *real-time*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, sistem berhasil mendeteksi keberadaan api dan menentukan koordinat posisi X dan Y secara stabil dan akurat dengan tingkat keberhasilan deteksi api mencapai 100%. Hal ini menunjukkan bahwa metode pengolahan citra menggunakan algoritma SIFT mampu mengenali dan melokalisasi pola visual api secara konsisten. Selanjutnya, proses pemadaman otomatis juga menunjukkan performa yang sangat baik, dengan tingkat keberhasilan sebesar 90% menggunakan *arm robot*, notifikasi *buzzer*, dan pelepasan *fireball*. Deteksi *real-time* berjalan akurat melalui Raspberry Pi 3 Model B dan OpenCV, sedangkan kendali *arm robot* yang dikendalikan oleh ESP32 memberikan respons presisi dan cepat melalui motor *stepper* dan servo.

Beberapa kendala seperti keterbatasan *gripper* masih dalam batas wajar dan dapat diatasi. Sistem juga terintegrasi dengan aplikasi mobile, yang mampu menampilkan data suhu dan asap secara *real-time*. Pengiriman data sensor berjalan stabil dengan rata-rata *delay* 1,259 detik.

5. Saran

Untuk pengembangan alat *Smart Fire Extinguisher*, disarankan agar *gripper* dibuat lebih adaptif untuk berbagai ukuran fireball, serta ditambahkan sensor pendeteksi stok *fireball* agar sistem dapat memberikan peringatan dini saat persediaan menipis.

6. Daftar Pustaka

- [1] M. R. Fasya, Zaenudin and M. M. Efe, "Implementasi Sistem Peringatan Dini Kebakaran Rumah Berbasis Internet of Things (IoT)," *Journal of Computer Science and Information Technology (JCSIT)*, pp. 369 - 378, 2024.
- [2] A. Anggarani, Muqorobin and T. F. Efendi, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Dan Pemadam Api Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Riset Teknik Komputer*, pp. 97-111, 2024.
- [3] H. Isyanto, D. Almanda and . H. Fahmiansyah, "Perancangan IoT Deteksi Dini Kebakaran dengan," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, pp. 105 - 120, 2020.
- [4] J. Mulyono, D. and E. Apriaskar, "Simulasi Alarm Kebakaran Menggunakan Sensor Mq-2, Falme Sensor," *Jurnal Ilmiah Elektronika dan Komputer*, vol. 14, pp. 16 - 25, 2021.
- [5] F. Ramadah , P. D. Wibawa and A. Rizal , "Sistem Deteksi Api Menggunakan," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 9, pp. 226-231, 2022.
- [6] R. R. Prayogi, A. Hariyani, T. B. Askarina

- and R. Amelia, "FlameAlert: Sistem Deteksi Api Berbasis CCTV menggunakan Metode," *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Matematika*, vol. 2, pp. 16-21, 2023.
- [7] B. Satria, "IoT Monitoring Suhu dan Kelembaban Udara dengan Node MCU ESP8266," *Jurnal Teknik Informatika*, 2022.
- [8] W. A. Sasana and F. Lestari, "Evaluasi Perencanaan Sistem Proteksi Kebakaran Pada Tahap Desain Gedung Admin Di PT.J," *Jurnal Cahaya Mandalika*, pp. 765-782, 2023.
- [9] Y. Surya Kristama and I. Ratna Widiyari, "Alat Pendeteksi Kebakaran Dini Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 6, pp. 1599 - 1606, 2022.
- [10] Ihsan, *Prototipe Pengangkut Sampah Padat Di Pintu Air*, Politeknik Negeri Jakarta, 2020.
- [11] Okpatrioka, "Research And Development (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam," *DHARMA ACARIYA NUSANTARA : Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya*, vol. 1, pp. 86-100, 2023.
- [12] M. F. Gunardi, "Implementasi Augmentasi Citra pada Suatu Dataset," *Institut Teknologi Bandung*, 2023.