



SKRIPSI

**PROTOTYPE *FIRE SUPPRESSION SYSTEM*
BERBASIS *MACHINE LEARNING* DENGAN
RASPBERRY PI PICO DAN *IR FLAME SENSOR*
UNTUK MENDETEKSI API NYATA**

LUTFI HADIANTORO

20191330046

DOSEN PEMBIMBING:

RIDHO AKBAR, S.S.T., M.T

Dr. INDAH KURNIAWATI, S.T., M.T.

PROGAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH

SURABAYA

2026



SKRIPSI

PROTOTYPE *FIRE SUPPRESSION SYSTEM* BERBASIS *MACHINE LEARNING* DENGAN RASPBERRY PI PICO DAN *IR FLAME SENSOR* UNTUK MENDETEKSI API NYATA

LUTFI HADIANTORO

20191330046

DOSEN PEMBIMBING:

RIDHO AKBAR, S.S.T., M.T

Dr. INDAH KURNIAWATI, S.T., M.T.

PROGAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH

SURABAYA

2026

**LEMBAR PEMBIMBING
SKRIPSI**

**PROTOTYPE *FIRE SUPPRESSION SYSTEM* BERBASIS
MACHINE LEARNING DENGAN RASPBERRY PI PICO DAN
IR FLAME SENSOR UNTUK MENDETEKSI API NYATA**

Disusun untuk memenuhi persyaratan gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun oleh:

Lutfi Hadianoro

NIM. 20191330046

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing:

1. Ridho Akbar, S.ST, M.T.



2. Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T.



LEMBAR PENGUJI SKRIPSI

PROTOTYPE *FIRE SUPPRESSION SYSTEM* BERBASIS *MACHINE LEARNING* DENGAN RASPBERRY PI PICO DAN *IR FLAME SENSOR* UNTUK MENDETEKSI API NYATA

Disusun untuk memenuhi persyaratan gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun oleh:

Lutfi Hadianoro
NIM. 20191330046

Disetujui oleh:

Dosen Penguji:

1. Ridho Akbar, S.ST, M.T.



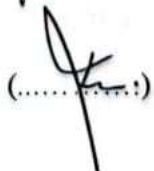
(.....!)

2. Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T.



(.....!)

3. Triuli Novianti, S.T., M.T.



(.....!)

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**PROTOTYPE *FIRE SUPPRESSION SYSTEM* BERBASIS
MACHINE LEARNING DENGAN RASPBERRY PI PICO DAN
IR FLAME SENSOR UNTUK MENDETEKSI API NYATA**

Disusun untuk memenuhi persyaratan gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun oleh:

Lutfi Hadiangoro
NIM. 20191330046

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Ir. Vippy Darmawan, M.Ars.
NIDN. 07.2509.6402

Disetujui oleh,
Ketua Program Studi Teknik
Elektro



Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T.
NIDN. 001.606.8101

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Lutfi Hadianoro

NIM : 20191330046

Program Studi : S1 Teknik Elektro

Judul Skripsi : *PROTOTYPE FIRE SUPPRESSION SYSTEM
BERBASIS MACHINE LEARNING DENGAN
RASPBERRY PI PICO DAN IR FLAME SENSOR UNTUK
MENDETEKSI API NYATA.*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran, dan atau pemaparan asli dari peneliti sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan penelitian yang tercantum sebagai bagian dari penelitian atau skripsi ini. Jika terdapat hasil dari karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini peneliti buat dengan sebenar-benarnya, dan jika di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka peneliti bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang telah berlaku di Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, 30 Januari 2026

Yang membuat pernyataan,



Lutfi Hadianoro
NIM. 20191330046

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul “*PROTOTYPE FIRE SUPPRESSION SYSTEM BERBASIS MACHINE LEARNING DENGAN RASPBERRY PI PICO DAN IR FLAME SENSOR UNTUK MENDETEKSI API NYATA*”.

Penulisan skripsi ini dibuat sebagai bentuk tanggung jawab atas selesainya perkuliahan yang merupakan salah satu syarat untuk mengikuti Wisuda di Universitas Muhammadiyah Surabaya khususnya Progam Studi SI Teknik Elektro.

Selesainya laporan Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan banyak pengalaman dan masukan-masukan kepada penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Mundakir, S.Kep., Ns., M.Kep., FISQua., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surabaya.
2. Bapak Ir. Vippy Dharmawan, M.Ars. Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya.
3. Ibu Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Elektro, FT, Universitas Muhammadiyah Surabaya yang senantiasa memberikan arahan, pesan-pesan, dan motivasi dalam penyusunan laporan tugas akhir.
4. Bapak Ridho Akbar, S.ST, M.T. dan Ibu Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah berkenan memberikan bimbingan secara riil dan moril kepada peneliti sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
5. Bapak dan Ibu dosen Program Studi S-1 Teknik Elektro UMSurabaya yang dengan sabar bersedia membagi ilmunya kepada peneliti dan juga membagi banyak pengalaman yang

dimiliki yang membuat peneliti bisa membuka banyak wawasan baru.

6. Orang tua peneliti terkasih yang telah memberikan segalanya dalam hidup peneliti.
7. Pasangan peneliti Puspita Ayu Septi Mentari yang selalu menjadi penenang, memberika semangat dan dukungan sehingga skripsi ini dapat selesai.
8. Rekan-rekan peneliti satu kelas di Program Studi S-1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surabaya angkatan 2019 yang telah memberi semangat dalam menggapai gelar sarjana.
9. Kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Skripsi ini.

Penulis sadar terhadap kekurangan yang ada dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu, kritik dan saran yang pembaca berikan akan membantu menyempurnakan penelitian di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis lain dan pembaca.

Surabaya, Januari 2026

Lutfi Hadianoro

Abstrak

PROTOTYPE FIRE SUPPRESSION SYSTEM BERBASIS MACHINE LEARNING DENGAN RASPBERRY PI PICO DAN IR FLAME SENSOR UNTUK MENDETEKSI API NYATA

Kebakaran merupakan insiden berisiko tinggi di berbagai sektor operasional, dipengaruhi oleh faktor teknis, lingkungan dan perilaku manusia, sehingga membutuhkan sistem deteksi yang andal dan adaptif. Pendekatan berbasis *Internet of Things* dan *machine learning* mampu meningkatkan akurasi deteksi melalui pemrosesan data multi-sensor. Pada mesin operasional dengan durasi kerja panjang, penggunaan *IR flame sensor* sebagai alat deteksi dini menghadapi tantangan *false positive* akibat interferensi radiasi inframerah lingkungan. Kondisi ini menegaskan kebutuhan akan metode klasifikasi *machine learning* yang mampu membedakan nyala api nyata sekaligus efisien untuk platform mikrokontroler berdaya rendah.

Penelitian ini mengembangkan *fire suppression system* berbasis *machine learning* menggunakan raspberry pi pico dan *IR flame sensor* untuk mendeteksi api nyata. Metode yang digunakan yaitu integrasi *rules-based system* sebagai mekanisme keputusan awal dengan *reinforcement learning* untuk menyesuaikan bobot keputusan secara adaptif berdasarkan data pembelajaran (*training*). Data mentah berupa data ADC dikumpulkan dari berbagai skenario kondisi api dan non-api, termasuk sinar matahari yang di kondisikan sebagai non-api. Kemudian dianalisis secara temporal untuk membedakan karakteristik radiasi api, non-api. Hasil klasifikasi digunakan sebagai sinyal kontrol untuk mengaktifkan relay dan *solenoid valve* pada sistem pemadaman.

Penelitian ini di uji melalui akuisisi 20.400 data ADC dari 17 skenario api dan non-api serta perumusan aturan *evidence* dan pola temporal cahaya matahari, yang menunjukkan kestabilan ADC dan efektifitas pengurangan *false positive*. Pada tahap *deployment*, akurasi non-api mencapai 95-100% dengan *false positive rate* 14,58%, sementara *recall* deteksi api sebesar 38,54%. Hasil penelitian menegaskan *trade-off* antara minimalisasi alarm palsu dan sensitivitas deteksi api, sehingga sistem belum layak untuk diaplikasikan di lingkungan nyata. Namun, penelitian ini bernilai sebagai prototipe yang menunjukkan secara empiris bahwa integrasi *rule-*

based system dan *reinforcement learning* mampu meningkatkan keandalan keputusan dalam menekan alarm palsu.

Kata kunci: *Fire Suppression System, machine learning, rule-based system, reinforcement learning, IR flame sensor, Raspberry Pi Pico, ADC (Analog to Digital Converter).*

Abstract

Prototype of a Fire Suppression System Based on Machine Learning Using Raspberry Pi Pico and IR Flame Sensor to Detect Real Fire

Fires are high-risk incidents in various operational sectors, influenced by technical, environmental, and human behavioral factors, requiring a reliable and adaptive detection system. An Internet of Things and machine learning based approach can improve detection accuracy through multi-sensor data processing. In operational machines with long operating hours, the use of IR flame sensors as an early detection tool faces the challenge of false positives due to interference from environmental infrared radiation. This situation emphasizes the need for a machine learning classification method capable of distinguishing real flames while being efficient for low-power microcontroller platforms.

The method used integrates a rules-based system as an initial decision mechanism with reinforcement learning to adaptively adjust decision weights based on training data. Raw data, in the form of ADC data, was collected from various fire and non-fire scenarios, including sunlight conditioned as non-fire. Then, it was analyzed temporally to differentiate the radiation characteristics of fire and non-fire. The classification results were used as control signals to activate relays and solenoid valves in the fire suppression system.

Testing was conducted by acquiring 20,400 ADC data sets from 17 fire and non-fire scenarios, as well as formulating evidence rules and temporal patterns of sunlight. This demonstrated the stability of the ADC and its effectiveness in reducing false positives. During the deployment phase, the non-fire accuracy reached 95-100% with a false positive rate of 14.58%, while the fire detection recall was 38.54%. The results confirmed the trade-off between minimizing false alarms and fire detection sensitivity, requiring further development for the system to be applied in real-world environments. However, this research serves as a valuable prototype, empirically demonstrating that the integration of a rule-based system and reinforcement learning can improve decision reliability in suppressing false alarms.

Keywords: Fire Suppression System, machine learning, rule-based system, reinforcement learning, IR flame sensor, Raspberry Pi Pico, ADC (Analog to Digital Converter).

DAFTAR ISI

LEMBAR PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
Abstrak	vii
Abstract	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 <i>Fire suppression system</i>	8
2.2.1 Definisi <i>fire suppression system</i>	8
2.2.2 Jenis <i>fire suppression system</i>	8
2.3 <i>Machine Learning</i>	9
2.3.1 Pengertian <i>machine learning</i>	9

2.3.2 Metode <i>machine learning</i>	9
2.3.3 Tahapan kerja <i>machine learning</i>	12
2.3.4 Evaluasi <i>machine learning</i>	13
2.3.5 Pendekatan <i>rule-based system</i> dan <i>reinforcement learning</i>	16
2.4 Raspberry Pi Pico	16
2.4.1 Raspberry pi pico.....	16
2.4.2 Komponen raspberry pi pico	17
2.4.3 MicroPhyton pada raspberry pi pico.....	19
2.5 Analog to Digital Converter (ADC).....	20
2.5.1 Definisi Analog to Digital Converter (ADC).....	20
2.5.2 Karakteristik dan akurasi ADC.....	20
2.6 IR Flame Sensor	21
2.6.1 Pengertian <i>IR flame sensor</i>	21
2.6.2 Prinsip kerja <i>IR flame sensor</i>	22
2.6.3 Spesifikasi <i>IR flame sensor</i>	22
2.7 Solenoid Valve	23
2.7.1 Pengertian <i>solenoid valve</i>	23
2.7.2 Komponen dan cara kerja <i>solenoid valve</i>	23
2.8 Relay	24
2.8.1 Pengertian relay	24
2.8.2 Jenis relay.....	25
2.9 DC-DC Stepdown LM2596.....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian	27
3.2 Metode Penelitian.....	27
3.2.1 Studi literatur.....	28
3.2.2 Studi empirik	28

3.3 Konsep Penelitian	29
3.3.1 <i>Flowchart</i> kerja sistem	29
3.3.2 <i>Flowchart rule-based system</i>	31
3.3.3 <i>Flowchart reinforcement learning</i>	33
3.3.4 Blok diagram sistem	34
3.3.5 Perancangan sistem	35
3.3.6 Pengadaan alat dan bahan	37
3.3.7 Prosedur perakitan alat	39
3.3.8 Tahapan Kerja Sistem	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Hasil Pengambilan Data Mentah (Raw Data)	43
4.2 Hasil Pengolahan <i>Raw Data</i> Menjadi Rule-Based System	44
4.2.1 Analisis bukti (<i>evidence</i>) berbasis data mentah (<i>raw data</i>) ADC	44
4.2.2 Analisis pola temporal cahaya matahari	46
4.2.3 Logika keputusan rule-based	47
4.3 Hasil <i>Reinforcement Learning</i>	49
4.3.1 Proses pembelajaran (<i>training</i>)	49
4.3.2 Analisis pembelajaran <i>reinforcement learning</i>	52
4.4 Hasil Evaluasi Kinerja Sistem	57
4.4.1 <i>Deployment</i> sistem	57
4.4.2 <i>Confussion matrix</i>	59
4.4.3 Perhitungan <i>matrix</i> kinerja	59
4.5 Hasil Implementasi dan Evaluasi <i>Fire Suppression System</i>	61
4.5.1 Pengecekan tegangan di <i>DC Stepdown</i>	61
4.5.2 Implementasi <i>fire suppression system</i>	61
4.5.3 Evaluasi Kinerja Sistem	62

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Raspberry Pi Pico	17
Gambar 2. 2 Penamaan core Raspberry Pi Pico	17
Gambar 2. 3 GPIO Raspberry Pi Pico.....	18
Gambar 2. 4 IR Flame Sensor	22
Gambar 2. 5 Bagian solenoid valve	23
Gambar 2. 6 Relay	25
Gambar 2. 7 I DC-DC Stepdown.....	25
Gambar 3. 1 Flowchart kerja sistem	29
Gambar 3. 2 Flowchart rule-based System	31
Gambar 3. 3 Flowchart reinforcement learning.....	33
Gambar 3. 4 Skematik alat	35
Gambar 4. 1 Pengambilan data dengan label 1 "api".....	43
Gambar 4. 2 Pengambilan data dengan label 0 "non-api".....	43
Gambar 4. 3 Skrip python untuk analisis data ADC.....	45
Gambar 4. 4 Hasil analisis data ADC	46
Gambar 4. 5 Hasil analisis data ADC Matahari.....	47
Gambar 4. 6 Kode logika keputusan pada micropython	48
Gambar 4. 7 Proses pembelajaran (training) Non-api	50
Gambar 4. 8 Data proses pembelajaran (training) non-api	50
Gambar 4. 9 Proses pembelajaran (training) api	52
Gambar 4. 10 Data proses pembelajaran (training) api	52
Gambar 4. 11 Perhitungan bobot menggunakan excel.....	54
Gambar 4. 12 Penambahan bobot reinforcement learning	57
Gambar 4. 13 Tegangan Sistem	61
Gambar 4. 14 Uji coba sistem	61

Gambar 4. 15 Nozzle menyembrotkan media pemadam 62

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Blok diagram sistem	34
Tabel 3. 2 Konfigurasi Pin.....	36
Tabel 3. 3 <i>Software</i> pendukung.....	37
Tabel 3. 4 Alat dan bahan	37
Tabel 3. 5 Bahan pendukung	38
Tabel 4. 1 Parameter data	44
Tabel 4. 2 Urutan Prioritas Keputusan	47
Tabel 4. 3 Tabel hasil <i>training</i> sistem (Non-api)	49
Tabel 4. 4 Tabel hasil <i>training</i> sistem (api)	50
Tabel 4. 5 Bobot hasil pembelajaran <i>reinforcement learning</i>	52
Tabel 4. 6 Bobot setelah pembelajaran	55
Tabel 4. 7 Hasil <i>deployment</i> pada kondisi api dan non-api.....	57
Tabel 4. 8 <i>Confusion matrix</i>	59