

# Sistem pencegahan dini kebakaran gedung menggunakan logika fuzzy dengan inferensi Mamdani berbasis IoT

Dede Rizki Fitriadi<sup>1</sup>, Adnan Rafi Al Tahtawi<sup>2</sup>, Trisiani Dewi Hendrawati<sup>3\*</sup>,  
Samirah Rahayu<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup>Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Sukabumi

Jl. Babakan Sirna 25, Kota Sukabumi, Jawa Barat 43132, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia

<sup>1</sup>dederizkifitriadi000@gmail.com, <sup>2</sup>adnan.raf@polban.ac.id, <sup>3\*</sup>trisianidewi@polteksmi.ac.id,

<sup>4</sup>samirah@polteksmi.ac.id

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pencegahan dini kebakaran dalam sebuah ruangan dengan metode logika fuzzy berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem yang dibuat terdiri dari masukan berupa sensor api, sensor asap, dan sensor suhu. Pada bagian keluaran terdapat relai untuk mengaktifkan *exhaust* dan pompa air untuk memadamkan api. Logika fuzzy dengan metode inferensi Mamdani diterapkan sebagai algoritma pengambilan keputusan dalam menentukan tingkat pemadaman api saat terjadi potensi kebakaran. Pada sistem IoT, dirancang aplikasi pengiriman melalui Telegram sehingga dapat mengirimkan pesan peringatan kepada pengguna. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa ketiga sensor dapat bekerja dengan baik dimana sensor suhu DS18B20 memiliki rata-rata kesalahan sebesar 0,1% jika dibandingkan dengan Thermometer, sensor gas MQ-5 dapat mendeteksi berbagai jenis gas, dan sensor api dapat mendeteksi titik api dengan jarak sekitar 1 m. Mikrokontroler Wemos D1 R2 melalui komunikasi jaringan WiFi dapat mengirimkan data ke *web server* dengan jarak 40 meter terhadap *router* sehingga data dapat ditampilkan pada aplikasi Telegram. Logika fuzzy dengan inferensi Mamdani dapat mendeteksi adanya potensi kebakaran dengan rata-rata kesalahan kurang dari 1% jika dibandingkan dengan hasil simulasi MATLAB.

**Kata kunci:** pencegahan dini kebakaran, logika fuzzy, IoT, Telegram

## ABSTRACT

*This study aims to design an early fire prevention system in a room using the Internet of Things (IoT) based fuzzy logic method. The system made consists of inputs in the form of fire sensors, smoke sensors, and temperature sensors. At the output, there is a relay to activate the exhaust and a water pump to extinguish the fire. Fuzzy logic with the Mamdani inference method is applied as a decision-making algorithm in determining the level of fire suppression when a potential fire occurs. In the IoT system, a sending application via Telegram is designed so that it can send warning messages to users. The system test results show that the three sensors can work well where the DS18B20 temperature sensor has an average error of 0.1% when compared to the Thermometer, the MQ-5 gas sensor can detect various types of gas, and the fire sensor can detect fire points with a distance about 1m. The Wemos D1 R2 microcontroller via WiFi network communication can send data to a web server at a distance of 40 meters from the router so that data can be displayed on the Telegram application. Fuzzy logic with Mamdani inference can detect a potential fire with an average error of less than 1% when compared to the MATLAB simulation results.*

**Keywords:** early fire prevention, fuzzy logic, IoT, Telegram

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan struktur gedung yang semakin kompleks dan penggunaan bangunan yang semakin beragam serta tuntutan keselamatan yang semakin tinggi membuat pihak pemilik bangunan harus mulai memikirkan tingkat keselamatannya [1]. Salah satu contohnya kejadian kebakaran di Lapas Tangerang Kelas I-A yang terjadi pada 8 September 2021 pagi. Kebakaran bermula di blok C yang pada saat itu di lokasi tersebut tidak ada APAR disaat kejadian kebakaran. Pada saat itu di blok C terdapat 122 narapidana dan jumlah korban dari kebakaran tersebut sebanyak 40 narapidana tewas [2].

Beberapa peristiwa bahaya pada bangunan mestinya menjadi pelajaran penting dalam penyiapan sistem keselamatan. Salah satu contoh potensi bahaya yang dapat terjadi pada bangunan rumah atau gedung adalah kebakaran. Resiko bahaya kebakaran adalah salah satu hal yang bisa dianggap serius karena akan menimbulkan korban manusia maupun kerugian materil [3]. Dalam proses pembangunan rumah atau gedung sudah dilengkapi fasilitas keselamatan seperti tangga darurat, jalur evakuasi, APAR, dan hidran air untuk keamanan bila terjadi kebakaran dan gempa bumi. Namun pada praktiknya, masih terdapat beberapa kendala yaitu belum adanya sistem keamanan yang bekerja secara *real-time* untuk memantau kondisi bila terjadi bahaya.

Dari permasalahan yang sudah dipaparkan telah dilakukan beberapa penelitian dan kajian. Penelitian [4] melakukan kajian untuk mengimplementasikan *fuzzy logic* Tsukamoto untuk deteksi kebocoran gas LPG berbasis Arduino [4]. Sistem ini dibuat sebagai antisipasi terjadinya kebakaran yang disebabkan oleh kebocoran gas LPG. Pada penelitian ini digunakan sistem sensor gas yang dapat mendeteksi unsur yang terkandung pada gas LPG. Algoritma *fuzzy logic* diterapkan sebagai metode pengambilan keputusan dalam menentukan status bahaya. Selanjutnya, penelitian [5] merancang kendali gas LPG untuk mencegah kebakaran akibat kebocoran gas menggunakan *fuzzy logic* berbasis *Intenet of Things* (IoT). Hampir serupa dengan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini ditambahkan konsep IoT sehingga mempermudah pengguna dalam memantau status dari sistem. Kemudian, alat detektor dini kebakaran multisensor terintegrasi Android menggunakan komunikasi Bluetooth juga dikembangkan oleh peneliti [6]. Sistem peringatan dini kebakaran dirancang menggunakan tiga sensor yaitu sensor gas, sensor api, dan sensor suhu sehingga lebih akurat dalam memutuskan status pendeteksian. Namun, pada penelitian ini media pengiriman data masih menggunakan Bluetooth yang memiliki keterbatasan dalam hal jarak. Selanjutnya, alat deteksi kebocoran gas LPG menggunakan mikrokontroler Arduino dengan algoritma *fuzzy logic* Mamdani juga dikembangkan oleh [7]. Pada sistem ini, metode *fuzzy logic* dengan inferensi Mamdani diimplementasikan untuk mendeteksi potensi kejadian kebakaran karena kebocoran gas LPG. Terakhir, prototipe pendeteksi dini lokasi kebakaran berbasis *wireless* dengan *fuzzy logic* dan pemberitahuan via SMS telah dirancang [8]. Berbeda dengan sistem sebelumnya, pada sistem ini media pengiriman yang digunakan adalah SMS.

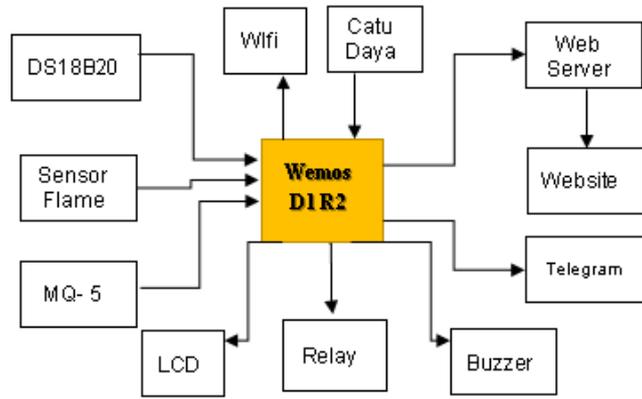
Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem alat pendeteksi kebakaran pada ruangan bangunan gedung dengan multisensor, yaitu sensor gas, sensor suhu, dan sensor api. Sistem multisensor telah banyak digunakan untuk sistem pendeteksian kebakaran karena dapat meningkatkan akurasi [9]-[10]. Pada penelitian ini, data dari sensor-sensor tersebut akan di proses menggunakan *fuzzy logic* dengan metode inferensi Mamdani untuk meningkatkan sensitivitas, sehingga tanda bahaya kebakaran dapat terdeteksi sedini mungkin. Data dari ketiga sensor yang telah diproses dengan *fuzzy logic* akan dikirim ke *database* melalui koneksi jaringan WiFi dan ditampilkan pada *website* dan Telegram. Selain mengirimkan status potensi kebakaran, pada sistem ini dilengkapi dengan modul relai *input 2 channel* untuk mengaktifkan pompa air bila terjadi kebakaran sebagai upaya pencegahan dini.

## 2. METODE PENELITIAN

Sistem dibangun melalui tahap perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras meliputi diagram blok dan desain rangkaian elektronika, sedangkan perancangan perangkat lunak meliputi rancangan *fuzzy logic* dengan metode Mamdani, dan perancangan sistem IoT.

### 2.1 Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dilakukan berdasarkan blok diagram yang tersaji pada Gambar 1. Sistem terdiri dari masukan, proses, dan keluaran. Pada bagian masukan digunakan sensor suhu DS18B20, dan sensor gas MQ-5, sensor api (*flame*). Spesifikasi dari perangkat keras yang digunakan untuk sistem pendeteksi dini kebakaran ditunjukkan pada Tabel 1.

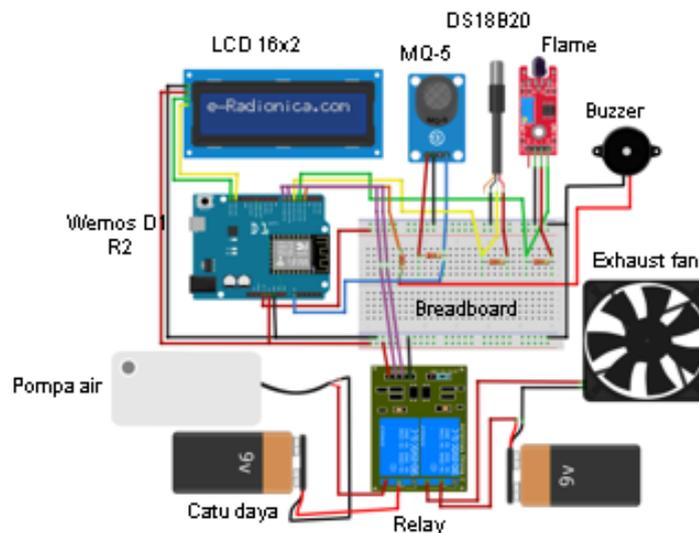


Gambar 1. Diagram blok sistem peringatan dini kebakaran yang dirancang

Tabel 1. Spesifikasi mikrokontroler wemos D1 R2

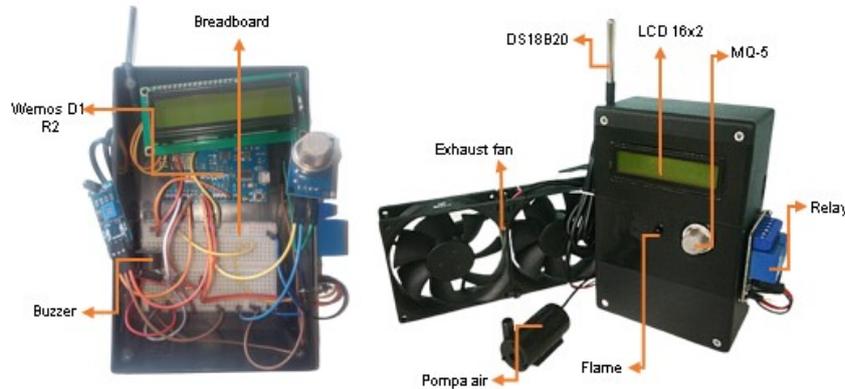
Komponen	Spesifikasi	Keterangan
Mikrokontroler Wemos D1R2	Mikroprosesor	ESP8266
	Flash	4 Mb
	Pin analog	1
	Pin digital	11 I/O
	ADC input	3,3 volt
	Port	Micro USB
	Dimensi	7 cm x 5,4 cm
Sensor suhu DS18B20	Tegangan input	3,5-5 V
	Range suhu	-55°C - 125°C
	Resolusi	9-12 bit
Sensor gas MQ-5	Tegangan input	5 V
	Range minimum	20 ppm
	Range maksimum	10.000 ppm
	Output	A/D
Sensor flame	Panjang gelombang	760-1100 nm
	Sudut deteksi	60 derajat
	Tegangan output	3,5-5 V
	Komparator	LM393

Perancangan juga dilakukan pada bagian rangkaian elektronika yang digunakan dalam pembuatan perangkat keras. Rancangan adalah skematik rangkaian berdasarkan diagram blok yang telah dibuat seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skematik rangkaian elektronika

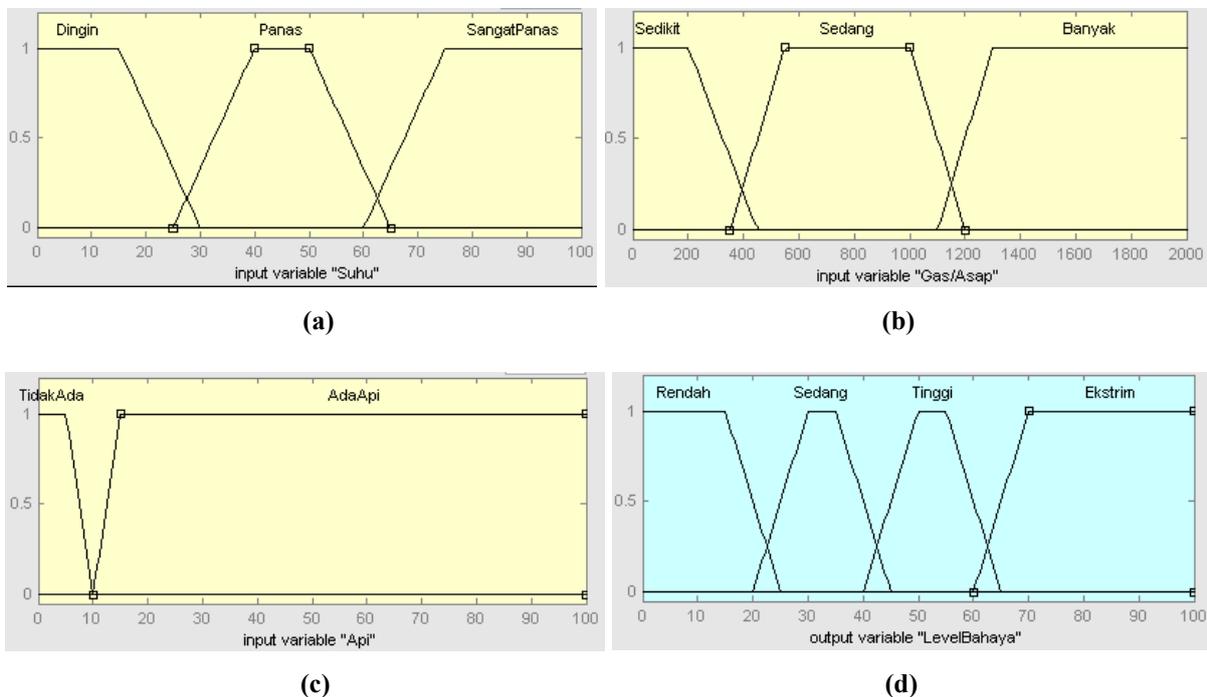
Rancangan skematik rangkaian eletronika ini dibuat dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Fritzing. Kemudian, rancangan tersebut direalisasikan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Realisasi rangkaian elektronika dan mekanik

2.2 Perancangan *Fuzzy Logic*

Pada tahap perancangan *fuzzy logic* dengan metode Mamdani ini bertujuan untuk menentukan nilai tegas (*crisp*) berdasarkan data sensor suhu, sensor gas dan sensor api sebagai parameter dalam tingkat level bahaya kebakaran yang akan terjadi bila terjadi tanda bahaya kebakaran. Dalam tahap pertama merancang sistem *fuzzy logic* ini yang dilakukan yaitu membuat fungsi keanggotaan untuk setiap variabel masukan dan keluaran. Dalam variabel masukan memiliki tiga *input* yaitu suhu, kadar gas, dan api yang dibuat dalam bentuk fungsi keanggotaan seperti ditunjukkan pada Gambar 4(a), Gambar 4(b), dan Gambar 4(c). Untuk variabel *output* memiliki satu himpunan yaitu variabel level bahaya yang ditunjukkan pada Gambar 4(d).



Gambar 4. Fungsi keanggotaan *fuzzy logic*: (a) variabel masukan suhu, (b) variabel masukan gas, (c) variabel masukan api, (d) variabel keluaran level

Pada himpunan variabel suhu menggunakan tiga bentuk himpunan *fuzzy* yaitu Dingin, Panas dan SangatPanas. Salah satu tanda terjadinya kebakaran biasanya ditandai dengan adanya kenaikan temperatur suhu pada ruangan dengan temperatur suhu ruangan normal yaitu berkisar 20°C – 25°C.

Pada semesta variabel himpunan ini menggunakan satuan suhu Celcius ( $^{\circ}\text{C}$ ) dengan *range* [0, 100] yaitu Dingin [0, 30], Panas [25, 65], dan SangatPanas [60, 100]. Pemilihan *range* ini didasarkan pada perkiraan suhu terjadinya potensi kebakaran di wilayah tropis. Pada himpunan *fuzzy* variabel gas menggunakan tiga bentuk himpunan yaitu Sedikit, Sedang dan Banyak dengan menggunakan *range* nilai data pembacaan sensor dengan nilai *display range* [0, 2000]. Salah satu tanda penyebab akan terjadinya kebakaran yaitu adanya asap atau gas pada udara pada himpunan variabel ini menggunakan tiga kondisi yaitu Sedikit [0, 450], Sedang [350, 1200], dan Banyak [1100, 2000]. Pada himpunan variabel api menggunakan dua bentuk himpunan *fuzzy* yaitu TidakAdaApi dan AdaApi. Salah satu tanda terjadinya kebakaran biasanya ditandai dengan adanya api pada semesta variabel himpunan api ini dengan *range* [0, 100] yaitu TidakAdaApi [0, 10] dan AdaApi [10, 100]. Pada himpunan *fuzzy output* menggunakan empat bentuk himpunan level bahaya yaitu kondisi Rendah, Sedang, Tinggi dan Ekstrim. Himpunan *output* ini dengan dipengaruhi oleh tiga masukan variabel yaitu dari gas, suhu, dan api. Pada himpunan *output* ini dengan *range* [0, 100] yaitu Rendah [0, 25], Sedang [20, 45], Tinggi [40, 65] dan Ekstrim [60, 100].

Kemudian tahap selanjutnya yaitu menentukan basis aturan yang akan dijadikan dasar pada tahap mekanisme inferensi dengan aturan *min-max*. Nilai *fuzzy* hasil fuzzifikasi yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya diolah pada tahap ini untuk mendapatkan nilai keluaran level berdasarkan basis aturan. Setelah fungsi keanggotaan untuk masing-masing variabel masukan dan keluaran ditentukan, ditetapkan basis aturan *if-then* pertama yaitu variabel suhu dan variabel gas seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Kemudian hasil basis aturan antara suhu dan gas ditetapkan lagi basis aturan *if-then* dengan variabel api ditunjukkan pada Tabel 2, sehingga hasil keluaran dapat ditetapkan karena dalam proses aturan ini tidak bisa di-AND-kan sekaligus pada ketiga variabel tersebut, tetapi harus dua variabel dahulu di-AND-kan kemudian di-AND-kan lagi dengan variabel ketiga.

*Output* pada sistem logika fuzzy ini berupa status level bahaya kebakaran yang akan terjadi diatur sesuai dengan Rule Base memiliki kemungkinan kondisi sebanyak 15 kondisi yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3 data tabel suhu, gas dan api ini merupakan data hasil pada tahap sebelumnya yaitu fuzzifikasi himpunan keanggotaan dan pada tahap inferensi ini menentukan nilai keluaran logika fuzzy.

**Tabel 2. Basis aturan suhu dan gas**

<b>Gas \ Suhu</b>	<b>Dingin</b>	<b>Panas</b>	<b>Sangat panas</b>
<b>Sedikit</b>	Rendah	Rendah	Sedang
<b>Sedang</b>	Rendah	Sedang	Tinggi
<b>Banyak</b>	Sedang	Tinggi	Tinggi

**Tabel 3. Basis aturan api dengan hasil aturan suhu dan gas**

<b>Suhu &amp; gas \ Api</b>	<b>Rendah</b>	<b>Sedang</b>	<b>Tinggi</b>
<b>Tidak ada</b>	Rendah	Sedang	Tinggi
<b>Ada</b>	Sedang	Tinggi	Ekstrim

Tahap terakhir dalam logika *fuzzy* adalah defuzzifikasi dimana variabel *fuzzy* yang diolah pada tahap mekanisme inferensi diubah kembali menjadi nilai tegas. Penelitian ini menggunakan metode *centroid of area* (CoA) untuk menentukan nilai tegas dengan menggunakan persamaan berikut.

$$z = \frac{\sum x_i \cdot \mu(x_i)}{\sum \mu(x_i)} \quad (1)$$

dengan  $z$  adalah nilai keluaran tegas,  $x_i$  adalah nilai tegas masukan ke- $i$ , dan  $\mu(x_i)$  derajat keanggotaan untuk setiap nilai tegas masukan ke- $i$ .

### 2.3 Perancangan Sistem IoT

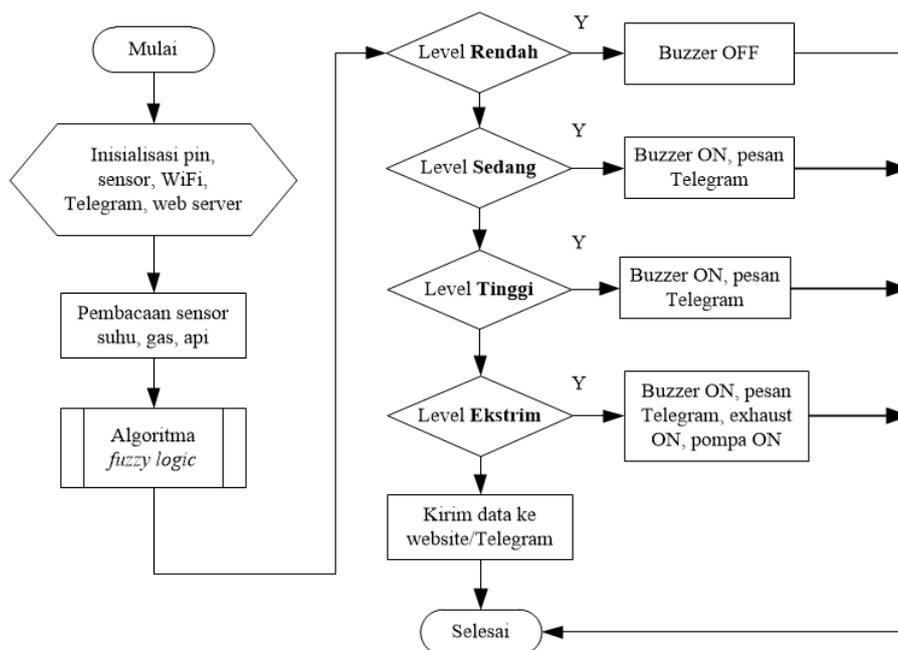
Perancangan sistem IoT terdiri dari sistem *website* dan aplikasi Telegram. Sistem *website* digunakan sebagai antarmuka *desktop* sehingga pengguna dapat dengan mudah memantau status gedung yang dipantau. Aplikasi Telegram digunakan untuk mempermudah monitoring secara *mobile*. Perancangan pada *bot* Telegram terdapat dua tahap pembuatan *bot* yaitu tahap pertama membuat *bot* Telegram dengan menggunakan layanan BotFather untuk mendapatkan token agar dapat mengakses HTTP API. Kemudian pada tahap kedua membuat ID Telegram dengan menggunakan layanan IDBot untuk memperoleh ID Telegram yang akan digunakan untuk menerima pesan Telegram dari sistem perangkat Wemos D1 R2.

Pada aplikasi Telegram ini berfungsi untuk menerima pesan dari perangkat Wemos D1 R2 jika sensor mendeteksi ada tanda bahaya kebakaran. Selain untuk menerima pesan aplikasi Telegram ini juga dapat mengirimkan pesan pada perangkat Wemos D1 R2 yang bertujuan untuk mengetahui status level bahaya kebakaran dan juga untuk mengaktifkan relai *exhaust* dan pompa air. Adapun teks yang ditetapkan sebagai perintah pada *bot* Telegram dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Kirim pesan aplikasi Telegram**

Teks kirim pesan	Keterangan
Mulai	Mengecek kesiapan pada sistem
Status level	Melihat status level bahaya kebakaran
<i>Exhaust</i> ON	Menghidupkan <i>exhaust</i>
<i>Exhaust</i> OFF	Mematikan <i>exhaust</i>
Pompa air ON	Menghidupkan pompa air
Pompa air OFF	Mematikan pompa air

Pada sistem untuk peringatan dini kebakaran menggunakan metode *fuzzy logic* ini dirancang sebuah alur sistem kerja seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Program dimulai dari inialisasi sistem yang terdiri dari koneksi pin, masukan sensor, komunikasi WiFi, Telegram, dan *web server*. Kemudian akan dilakukan pembacaan ketiga sensor sebagai masukan algoritma *fuzzy logic*. Keluaran dari algoritma akan menghasilkan status level Rendah, Sedang, Tinggi, dan Ekstrim dimana setiap level akan menghasilkan indikator. Sistem peringatan akan aktif saat dihasilkan level Sedang dan Tinggi dimana *buzzer* akan ON dan terdapat pesan Telegram. Pada level Ekstrim, semua indikator peringatan akan aktif dan sistem pencegahan dini juga aktif dimana *exhaust* dan pompa air akan aktif.



**Gambar 5. Flowchart sistem pendeteksi dini kebakaran**

Gambar 6 merupakan ilustrasi topologi dari sistem peringatan dini kebakaran menggunakan perangkat Wemos D1 R2 dengan menggunakan modul ESP8266 yang terhubung ke internet. Sistem terhubung melalui jaringan WiFi dan laptop *server* yang terhubung dalam satu jaringan WiFi dengan perangkat Wemos D1 R2. Wemos D1 R2 dapat mengirim dan menerima pesan ke *smartphone* yang sudah ditentukan ID Telegram dalam perangkat Wemos.



Gambar 6. Topologi jaringan sistem peringatan dini kebakaran

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Sistem Sensor

Tujuan pada proses pengujian ini untuk mengetahui tingkat akurasi pada sensor DS18B20. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan data sensor dengan hasil pengukuran termometer pengukur suhu ruangan konvensional sehingga akan ada selisih perbedaan nilai suhu antara sensor DS18B20 dan termometer ruangan. Adapun perhitungan selisih dinyatakan dengan persentase *error* dilakukan menggunakan persamaan berikut.

$$Error(\%) = \frac{|Sensor - Thermometer|}{Thermometer} \times 100\% \quad (2)$$

Hasil pengujian sensor suhu DS18B20 ditunjukkan pada Tabel 5. Berdasarkan hasil uji pada tujuh kondisi diperoleh *error* tertinggi sebesar 0,5% pada skenario pengukuran lemari pendingin, sedangkan *error* terendah sebesar 0% pada pengukuran api jarak 5 cm. Dari keseluruhan pengukuran diperoleh rata-rata *error* sebesar 0,1%.

Tabel 5. Hasil pengujian sensor DS18B20

No.	Kondisi	Suhu terukur (°C)		Error (%)
		DS18B20	Thermometer	
1	Ruangan biasa	24,25	23	0,05
2	Luar ruangan	21,75	20,5	0,06
3	Api jarak 5 cm	25	25	0
4	Lemari pendingin	3,75	2,5	0,5
5	Air biasa	23	22	0,04
6	Air panas	51,5	49	0,05
7	Air dingin	12,75	12	0,06
Rata-rata				0,1

Pada proses pengujian sensor gas MQ-5 dilakukan lima tahap pengujian yaitu yang pertama dilakukan pengujian dengan mengukur kadar gas ruangan, kedua mengukur kadar gas korek, ketiga mengukur kepekatan asap plastik, keempat mengukur kepekatan asap kertas, terakhir mengukur

kepekatan asap plastik. Pada setiap pengujian akan dihitung nilai PPM-nya berdasarkan persamaan berikut.

$$PPM = \frac{Range}{bit\ ADC} \times ADC \quad (3)$$

Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian sensor gas MQ-5 untuk lima skenario gas. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai PPM berbanding lurus dengan nilai ADC yang dihasilkan sensor. Nilai PPM terendah dihasilkan pada skenario gas ruangan yaitu sebesar 407 ppm, sedangkan nilai PPM tertinggi terdeteksi pada skenario asap rokok yaitu sebesar 791 ppm. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sensor gas MQ-5 telah dapat bekerja dengan baik dimana mampu mendeteksi berbagai skenario gas uji.

**Tabel 6. Hasil pengujian sensor MQ-5**

No.	Jenis gas	Nilai sensor MQ-5	
		ADC	PPM
1	Ruangan	209	407
2	Korek api	370	721
3	Asap plastik	338	659
4	Asap kertas	350	682
5	Asap rokok	406	791

Proses pengujian pada sensor api bertujuan untuk menguji kinerja sensor saat mendeteksi sumber api dalam jarak 10-100 cm. Dalam pengujian sensor ini menggunakan sumber api lilin yang diletakkan sejajar dengan sensor api. Apabila sumber api terdeteksi maka lampu indikator sensor api ini akan menyala dan sebaliknya jika tidak terdeteksi ada sumber api maka lampu indikator pada sensor akan mati. Dalam konfigurasi rangkaian data sensor ini menggunakan pin digital pada Wemos D1 R2.

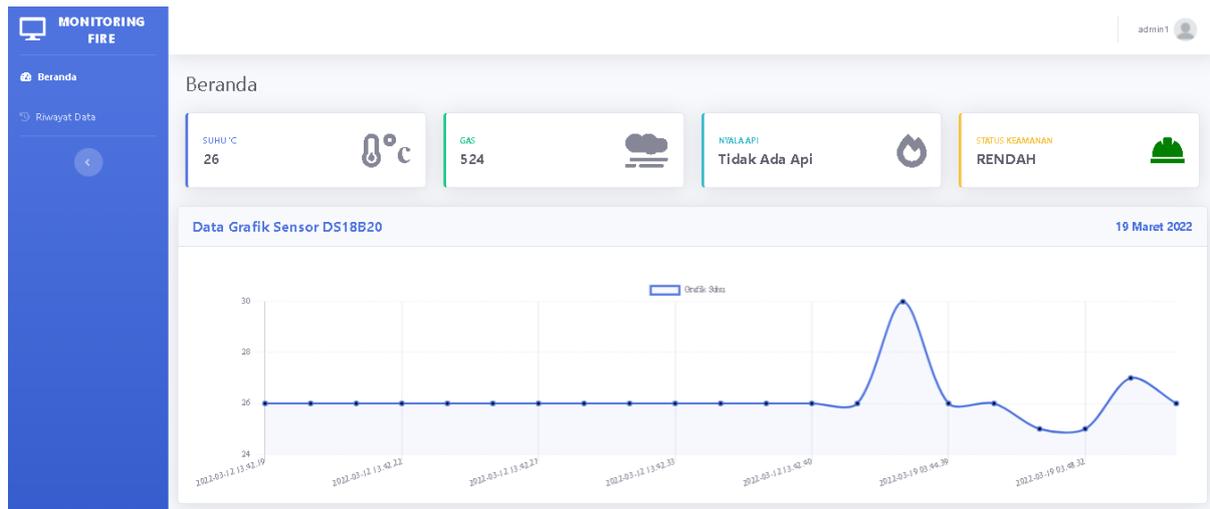
**Tabel 7. Hasil pengujian sensor api**

No.	Jarak (cm)	Indikator sensor
1	10	ON
2	20	ON
3	30	ON
4	40	ON
5	50	ON
6	60	ON
7	70	ON
8	80	ON
9	90	ON
10	100	OFF

Tabel 7 menunjukkan hasil pengujian sensor api untuk 10 kali percobaan, Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa sensor api mampu mendeteksi adanya titik api hingga jarak 100 cm. Namun demikian, untuk implementasi dalam skala sebenarnya, diperlukan sensor api yang mampu mendeteksi jarak yang lebih jauh lagi agar pendeteksian titik api dapat dilakukan dengan optimal.

### 3.2 Pengujian Sistem Monitoring

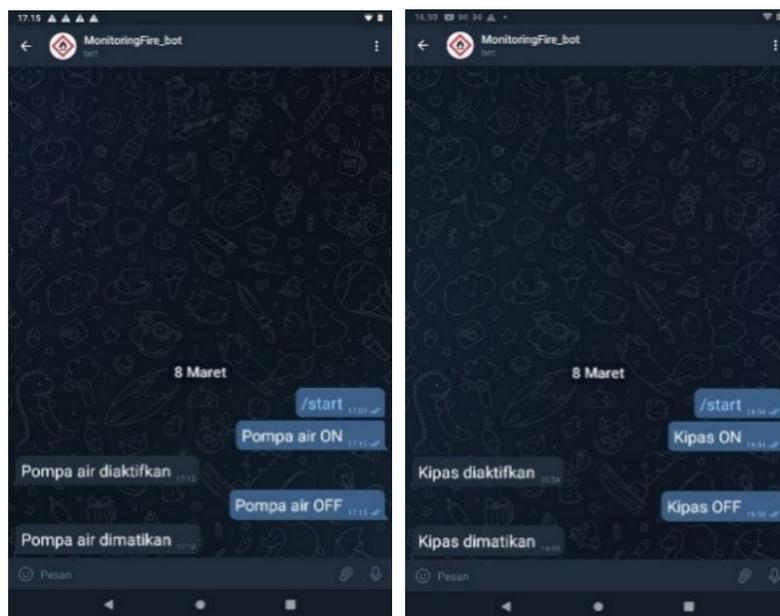
Proses pengujian selanjutnya yaitu pengujian pengiriman data yang tersambung satu jaringan antara laptop dengan Wemos D1 R2. Sistem ini masih memakai *web server* lokal pada *website* dengan mengirimkan data sensor suhu DS18B20, sensor gas MQ-5, dan sensor api. Adapun hasil pengujian tampilan monitoring pada *website* ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Uji menampilkan data sensor

No	Waktu	Suhu	Asap	Nyala Api	Status Keamanan
1	2022-03-19 03:48:32	26	524	Tidak Ada Api	RENDAH
2	2022-03-19 03:48:32	27	514	Ada Api	SEDANG
3	2022-03-19 03:48:32	25	509	Tidak Ada Api	RENDAH
4	2022-03-19 03:48:32	25	532	Tidak Ada Api	RENDAH
5	2022-03-19 03:48:32	26	534	Tidak Ada Api	RENDAH
6	2022-03-19 03:44:39	26	520	Tidak Ada Api	RENDAH
7	2022-03-19 03:43:08	30	564	Tidak Ada Api	RENDAH

Gambar 8. Uji menampilkan riwayat data sensor



Gambar 9. Hasil uji monitoring Telegram

Proses pengujian selanjutnya dilakukan untuk menguji kendali relai *exhaust* yaitu dengan mengirimkan pesan “Exhaust ON” untuk menghidupkan *exhaust* dan “Exhaust OFF” untuk mematikan *exhaust*. Sedangkan untuk mengirimkan pesan untuk menghidupkan dan mematikan relai pompa air yaitu dengan mengirimkan pesan “Pompa air ON” bertujuan untuk menghidupkan pompa air dan pesan “Pompa air OFF” bertujuan untuk mematikan pompa air. Seperti ditunjukkan pada Gambar 20.

### 3.2 Pengujian Fuzzy Logic

Pada tahap proses pengujian kali ini dilakukan pengujian terhadap sistem logika *fuzzy* dengan melakukan perbandingan hasil *crisp* antara *software* MATLAB dengan alat yang telah dibuat. Tujuannya adalah untuk memastikan sistem yang sudah dirancang dapat bekerja sesuai dengan algoritma *fuzzy logic* pada simulasi MATLAB. Hasil dari pengujian kemudian dihitung selisihnya. Tabel 8 menunjukkan hasil pengujian perbandingan nilai *crisp* antara simulasi MATLAB dengan alat yang telah untuk 12 data uji.

Tabel 10. Hasil uji *fuzzy logic*

No.	Input sensor			Alat	MATLAB	Selisih	Status level
	Suhu (°C)	Gas (ppm)	Api (cm)				
1	26,25	360,75	0	15,4	16,6	1,2	RENDAH
2	26,25	364,65	0	16,3	16,6	0,3	RENDAH
3	26,25	362,70	0	15,9	16,6	0,7	RENDAH
4	29	386	100	39,8	36,8	3	SEDANG
5	29,25	384	100	41,5	37,3	4,2	SEDANG
6	30	388	100	41,2	41,2	0	SEDANG
7	31,75	384	100	40,4	40,4	0	SEDANG
8	51,50	432	100	49,2	49,3	0,1	TINGGI
9	49,75	411	100	45,6	45,6	0	TINGGI
10	48	456	100	52,5	52,5	0	TINGGI
11	46,25	421	100	47,3	47,4	0,1	TINGGI
12	44,75	434	100	49,6	49,7	0,1	TINGGI
Rata-rata						0,8	

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa algoritma *fuzzy logic* yang telah dirancang dapat menghasilkan keluaran status level resiko kebakaran sesuai dengan simulasi pada MATLAB. Selisih antara hasil yang dikeluarkan alat dan simulasi memiliki nilai rata-rata 0,8 dengan selisih terkecil sebesar 0 dan selisih terbesar 4,2. Adanya perbedaan keluaran pada beberapa kondisi disebabkan karena kemampuan komputasi yang berbeda antara alat dengan simulasi MATLAB.

## 4. KESIMPULAN

Sistem peringatan dini kebakaran multisensor telah berhasil dirancang dan dibangun dengan menggunakan sensor api, sensor suhu DS18B20, dan sensor gas MQ-5. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dibuat dapat mendeteksi adanya resiko kebakaran dengan rata-rata selisih sebesar 0,8 jika dibandingkan dengan simulasi MATLAB. Sistem yang telah dibuat juga mampu mengirimkan status level kejadian kebakaran ke *website* dan Telegram. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambahkan sistem pembelajaran mesin agar proses pendeteksian dapat lebih akurat.

## REFERENSI

- [1] Y. Mareta and B. Hidayat, “Evaluasi Penerapan Sistem Keselamatan Kebakaran Pada Gedung-Gedung Umum Di Kota Payakumbuh,” *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, vol. 16, no. 1, pp. 65-76, 2020.
- [2] (2021), News Detik. [Online]. Tersedia: <https://news.detik.com/berita/d-5943667/kasus-kebakaran-lapas-tangerang-eks-kalapas-ungkap-tak-pernah-ada-simulasi>
- [3] A. U. Abidin and F. R. Putranto, “Identifikasi Fasilitas Safety Building Sebagai Upaya Perguruan Tinggi,” *J. Med. Respati*, vol. 12, no. 4, pp. 51–55, 2017.
- [4] S. F. Sinaga, B. K. Lase, P. S. Putta, J. Partwin, and F. Azmi, “Implementasi Fuzzy Logic Tsukamoto Untuk Deteksi Gas LPG Berbasis Arduino,” *J. Mantik Penusa*, vol. 1, no. 1, pp. 51–55.

- 
- [5] A. I. Nurseha, "Rancang Bangun Kendali Gas Untuk Mencegah Kebakaran Akibat Kebocoran Lpg Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Internet of Things," *Tugas Akhir Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya*, 2019.
  - [6] M. Hasan and A. R. Al Tahtawi, "Android Early Fire Detector Integrated with Multisensor and Bluetooth Communications," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 6, no. 2, pp. 64–70, 2018.
  - [7] L. Hakim and V. Yonatan, "Deteksi Kebocoran Gas LPG menggunakan Detektor Arduino dengan algoritma Fuzzy Logic Mandani," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 1, no. 2, pp. 114–121, 2017.
  - [8] I. Nurromianto, "Rancangan Prototipe Pendeteksian Dini Lokasi Kebakaran Rancangan Prototipe Pendeteksian Dini Lokasi Kebakaran Dan Pemberitahuan Via Sms," *Skripsi Universitas Jember*, 2015.
  - [9] L. Wu, L. Chen, and X. Hao. "Multi-sensor data fusion algorithm for indoor fire early warning based on BP neural network," *Information*, vol. 12, no. 59, pp. 1-12, 2021.
  - [10] W. Zhang, "Electric fire early warning system of gymnasium building based on multi-sensor data fusion technology," in *2021 International Conference on Machine Learning and Intelligent Systems Engineering (MLISE)*, Chongqing, 2021, pp. 339-343.

