



RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN DINI BERBASIS LOGIKA FUZZY MENGGUNAKAN MULTISENSOR

Nur Yanti¹, Fathur Zaini Rachman², Taufik Nur³, Bobby Ade Saputra⁴

^{1,2,4}Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Balikpapan

³Program Studi Teknik Industri Universitas Muslim Indonesia

Email: ¹nur.yanti@poltekba.ac.id, ²fozer85@gmail.com, ³taufik.nur@umi.ac.id,
bobbyadesaputra@gmail.com

ABSTRACT

At Indonesia, cases of residential house fires are still rampant. This resulted in considerable losses for the population of Indonesia. If there is no prevention or countermeasure, it is possible that the danger of a house fires will continue. Therefore, this system exists to create a condition where the system is able to detect the potential that will bring a fire hazard. In this system using a method that is the application of a multisensory system in detecting the presence of fire, smoke and temperature in the room. The sensors used include KY-026 fire sensor, MQ-9 smoke sensor and DS18B20 temperature sensor.

Then the system also implements an intelligent system that is fuzzy logic to process sensor reading data. The three sensor inputs will be processed through the fuzzification stage, rule evaluation and the defuzzification. The output of this system is in the form of firm values, namely the values 1 to 5 from the results of the multisensory defuzzification in each module. So the error of the defuzzification average is 0.99% after being compared with the MATLAB output. This system is expected to be able to provide early warning of the threat of fire, reduce the risk of casualties, and be able to be implemented to a wider scale or scope.

Article History :

Submit 3 Juni 2019

Received in from 5 Juni 2019

Accepted 2 Oktober 2019

Available online 30 Oktober 2019

Keywords: Defuzzification, fuzzy, fire, multisensory

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address :

Jl. Urip Sumoharjo Km. 5 (Kampus II UMI)
Makassar Sulawesi Selatan.

Email :

Jiem@umi.ac.id

Phone :

+6281247526640

Licensed by: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

DOI : <http://dx.doi.org/10.33536/jiem.v4i2.452>



ABSTRAK

Di Indonesia kasus kebakaran rumah penduduk masih marak terjadi. Hal ini mengakibatkan kerugian yang cukup besar bagi penduduk Indonesia. Jika hal ini tidak ada pencegahan atau penanggulangan, maka tidak menutup kemungkinan bahaya kebakaran rumah akan terus terjadi. Oleh karena itu sistem yang dirancang mampu mendeteksi adanya potensi, penyebab terjadinya kebakaran. Sistem ini menggunakan metode pengaplikasian sistem multisensor dalam mendeteksi adanya api, asap dan suhu di dalam ruangan. Sensor yang digunakan meliputi sensor api KY-026, sensor asap MQ-9 dan sensor suhu DS18B20. Pada sistem juga ditanamkan sebuah sistem cerdas yaitu logika *fuzzy* untuk mengolah data pembacaan sensor. Ketiga input sensor tersebut akan diolah melalui tahap fuzzifikasi, evaluasi rule dan defuzzifikasi. Hasil output dari sistem ini berupa nilai tegas yaitu nilai dalam *range* 1 sampai 5 dari hasil defuzzifikasi multisensor pada setiap modul. Sehingga dihasilkan rata-rata error defuzzifikasi sebesar 0.99%, setelah dibandingkan dengan output MATLAB. Sistem ini mampu memberikan peringatan dini terhadap adanya ancaman kebakaran, mengurangi resiko timbulnya korban jiwa, dan mampu diimplementasikan ke skala atau ruang lingkup yang lebih luas.

Kata Kunci: *defuzzifikasi, fuzzy, kebakaran, multisensor*

1. Pendahuluan

Dengan perkembangan zaman, kemajuan teknologi mulai berkembang dengan pesat. Berbagai inovasi teknologi dapat dijumpai dari bersifat sederhana hingga kompleks. Inovasi secara terus menerus dikembangkan dengan tujuan dapat membantu dan mempermudah pekerjaan manusia bahkan dapat menggantikan pekerjaan manusia itu sendiri. Sehingga kemajuan teknologi berdampak positif, tetapi juga memiliki dampak negatif bagi manusia. Inovasi teknologi muncul bermula pada masalah yang dihadapi oleh masyarakat, industri atau negara. Pengembangan dan pemanfaatan IPTEK menjadi solusi penyelesaiannya. Salah satu contoh masalah yang sering terjadi di masyarakat dan industri adalah kebakaran, mengakibatkan kerugian besar berupa investasi harta/benda, bahkan korban jiwa. Kebakaran pada rumah penduduk atau rumah tinggal berdampak pada kebutuhan pokok pangan, sandang dan papan tidak terpenuhi, selain itu psikologis korban menimbulkan traumatik. Menurut Permen PU RI No. 26/PRT/M/2008, bahaya kebakaran adalah bahaya yang diakibatkan oleh adanya ancaman potensial dan derajat terkena pancaran api sejak awal kebakaran hingga penjaran api yang menimbulkan asap dan gas (Permen PU PR, 2008).

Banyak rancangan yang sudah dilakukan sebelumnya untuk menghasilkan suatu sistem dengan tujuan mendeteksi potensi yang dapat

menimbulkan kebakaran. Sistem deteksi kebakaran yang digunakan sebagai *warning system* antara lain sistem deteksi berbasis IoT (*Internet of Things*) dan SMS Gateway menggunakan arduino (Sasmoko, 2017). Rancangan ini menggunakan modul GSM sebagai sistem komunikasi jarak jauh untuk mengirimkan pesan berupa SMS kepada user. Pengembangan alat deteksi kebakaran pada rumah penduduk khususnya daerah perkotaan berbasis mikrokontroler telah dilakukan oleh (Yendri, 2017). Rancangannya menggunakan modul ESP8266 (WiFi) sebagai sistem komunikasi jarak jauh. Berbagai upaya pengembangan alat deteksi kebakaran dengan prinsip serupa namun dengan metode yang berbeda menggunakan RaspberryPi sebagai mikrokontroler utama dalam pengolahan data sensor berbasis android, (Putra, 2018). Memanfaatkan metode Naive Bayes menggunakan sensor suhu dan sensor api berbasis arduino dikembangkan oleh (Dana, 2018). Hasil desain alat pendeteksi kebakaran ini menggunakan sensor suhu LM35 dan sensor api untuk mencari titik lokasi terjadinya kebakaran. Untuk mengolah data pembacaan sensor, menggunakan metode Naive Bayes yang disematkan ke dalam arduino sebagai mikrokontroler. Akan tetapi dalam rancangan tersebut masih ada beberapa kekurangan seperti kinerja sensor api yang belum mampu mendeteksi nyala api dari jarak yang tidak berdekatan dengan sensor, dikarenakan jumlah sensor yang digunakan hanya satu dan

peletakkannya hanya di titik tertentu sehingga sensor hanya fokus pada titik terdekat.

Dari hasil analisis pada rancangan-rancangan alat deteksi kebakaran yang telah dikembangkan sebelumnya, penulis melakukan rancang bangun untuk menambahkan fitur baru dan beberapa keunggulan dari alat deteksi sebelumnya. Bentuk rancangan fitur baru tersebut yaitu penggunaan sistem multisensor, sehingga dalam pembacaan titik api akan lebih akurat karena di setiap titik sudut pada rancang bangun terdapat rangkaian sensor yang membaca keadaan suhu, asap/gas dan api, serta penambahan metode *fuzzy*-Sugeno dalam pengolahan data sensor menghasilkan output berupa data hasil pengolahan dengan berbagai variasi tindakan atau kesimpulan berdasarkan aturan *fuzzy* yang dibangun pada MATLAB .

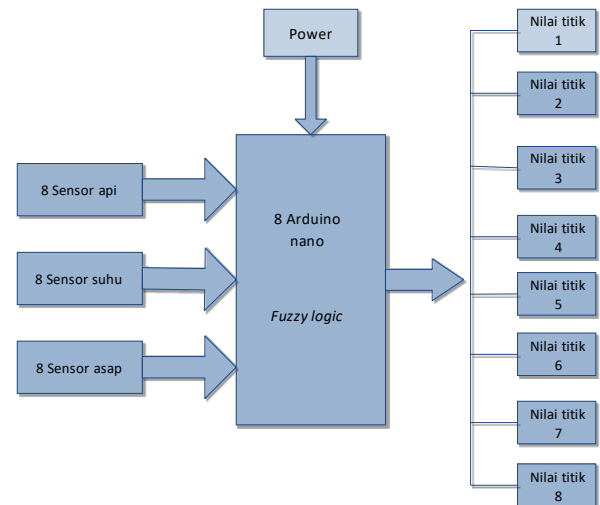
Penggunaan sistem multisensor pada rancangan alat ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi dan sensitivitas sehingga ancaman kebakaran dapat dideteksi sedini mungkin. Perancangan akan dilakukan dengan menempatkan tiga buah sensor yaitu sensor api, sensor suhu dan sensor asap pada 8 titik dalam ruangan. Ruangan yang dirancang berupa prototipe. Penempatan sistem sensor tersebut berada di setiap sudut ruangan. Sehingga dalam hal ini total penggunaan sensor keseluruhan adalah 24 buah. Rancang bangun ruangan yang digunakan berbentuk persegi panjang, sehingga akan lebih mudah dalam penempatan sistem sensor di setiap sudut ruangan.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental atau percobaan. Sistem dibangun melalui tahap perancangan perangkat keras, perangkat lunak, pengujian dan implementasi sistem.

2.1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras yang dilakukan berdasarkan blok diagram pada gambar 1. Sistem ini terdiri dari *input*, proses dan *output*. Pada bagian *input* terdiri dari sensor api KY-026, sensor suhu DS18B20, dan sensor asap MQ-9.

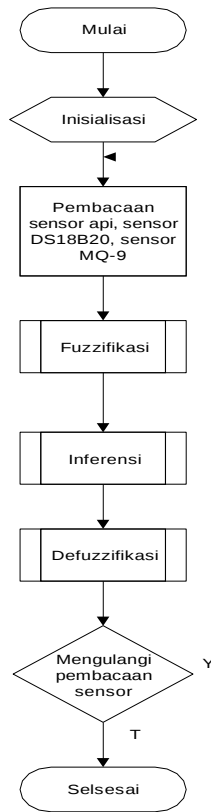


Gambar 1. Diagram blok sistem

Sistem ini terdiri dari 8 sensor api KY-026, 8 sensor suhu DS18B20, 8 sensor asap MQ-9 dan 8 arduino nano. Setiap sensor dan arduino akan diletakkan pada 8 titik sudut dari rancang bangun, sehingga masing-masing titik sudut memiliki sistem tersendiri yang diolah menggunakan metode *fuzzy*-Sugeno. Dengan sistem seperti ini maka sudut pembacaan titik api akan lebih luas. Pada bagian proses sistem ini menggunakan arduino nano dengan basis mikrokontroler ATmega 328. Untuk keluaran dari sistem berupa nilai tegas dalam *range* 1 hingga 5, nilai ini merupakan hasil defuzzifikasi.

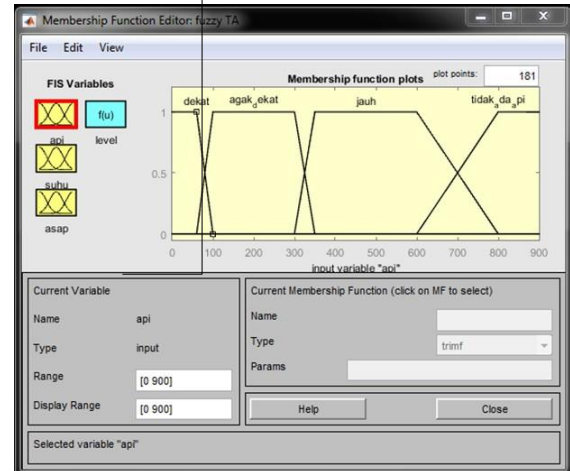
2.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak yaitu merancang sistem deteksi kebakaran dengan menggunakan metode *fuzzy* tipe Sugeno. Perancangan metode *fuzzy* dilakukan dengan tahap fuzzifikasi, membangun *rule base* pada MATLAB, inferensi dan defuzzifikasi. Pada gambar 2, menunjukkan bahwa sub-proses pada kendali *fuzzy* memiliki fungsi yang saling berhubungan dengan sub-proses yang lain sehingga sub-proses yang dihasilkan akan menjadi *input* pada sub-proses berikutnya hingga menjadi *output* akhir dari sistem. Diagram alir perancangan kendali logika *fuzzy* ditunjukkan pada gambar 2.

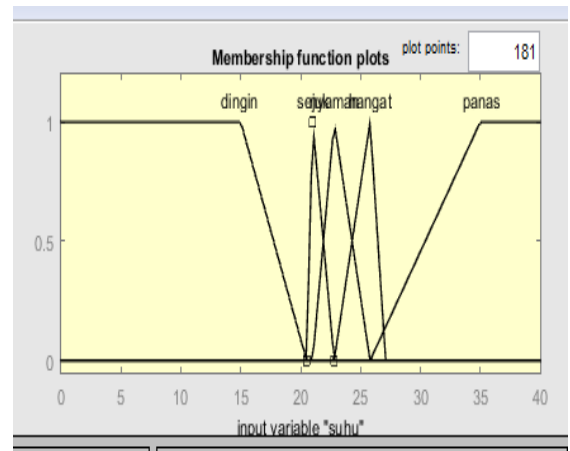


Gambar 2. Perancangan Fuzzy

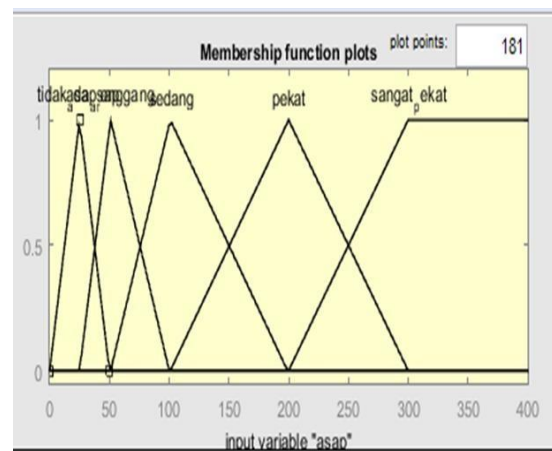
Pada gambar 2, sub-sistem fuzzifikasi akan memproses data input ketika melakukan pembacaan data. Data tersebut berupa nilai tegas atau *crisp*. Sub proses fuzzifikasi akan merubah nilai tegas yang ada kedalam fungsi keanggotaan atau derajat keanggotaan. Sistem yang dibangun memiliki 3 input pada *membership function fuzzy* berupa data api, data suhu dan kadar asap. Pada data api digolongkan menjadi 4 kriteria yaitu: dekat, agak dekat, jauh dan tak terdeteksi. Data suhu digolongkan menjadi 5 kriteria, yaitu: dingin, sejuk, nyaman, hangat dan panas. Dan pada data asap digolongkan menjadi 5 kriteria, yaitu: tidak ada asap, renggang, sedang, pekat, dan sangat pekat. Setiap data input akan di verifikasi nilai keanggotaan untuk menentukan golongan input. Perancangan himpunan *fuzzy* dari ketiga inputan tersebut dapat dilihat pada gambar. 3, 4 dan 5. Untuk rentang nilai yang diberikan pada masing-masing fungsi keanggotaan ditunjukkan pada tabel 1, 2 dan 3.



Gambar 3. Fungsi keanggotaan variabel api



Gambar 4. Fungsi keanggotaan variabel suhu



Gambar 5. Fungsi keanggotaan variabel asap

Tabel 1. Fungsi Keanggotaan Variabel Api

Fungsi Keanggotaan	Nilai (ADC)
Dekat	≤ 100
Agak dekat	≥ 60 dan ≤ 350
Jauh	≥ 300 dan ≤ 800
Tidak terdeteksi	≥ 600

Tabel 2. Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu

Fungsi Keanggotaan	Nilai ($^{\circ}\text{C}$)
Dingin	≤ 21
Sejuk	$\geq 20,5$ dan $\leq 22,8$
Nyaman	≥ 21 dan $\leq 25,8$
Hangat	$\geq 22,8$ dan $\leq 27,1$
Panas	≥ 25

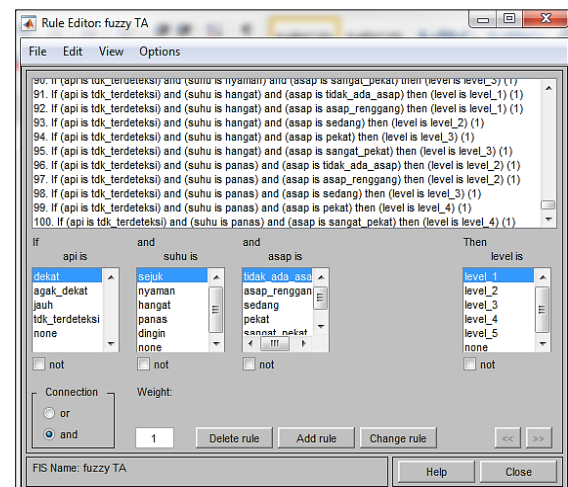
Tabel 3. Fungsi Keanggotaan Variabel Asap

Fungsi Keanggotaan	Nilai (ppm)
Tidakada asap	≥ 0 && ≤ 50
Renggang	≥ 25 && ≤ 100
Sedang	≥ 51 && ≤ 199
Pekat	≥ 101 && ≤ 300
Sangatpekat	≥ 300

Setelah proses fuzzifikasi, dilanjutkan dengan proses inferensi. Inferensi adalah proses penggabungan banyak aturan berdasarkan data yang tersedia. Mesin inferensi merupakan proses untuk mengubah *input fuzzy* menjadi *output fuzzy* dengan cara mengikuti aturan-aturan (*IF-THEN Rules*) yang telah ditetapkan pada basis pengetahuan *fuzzy*, menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α -predikat tiap-tiap *rule* ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$) (Pratama, 2018). Aturan dasar *fuzzy* yang digunakan untuk mendapatkan nilai tegas dapat dilihat pada gambar 6.

Hasil dari inferensi merupakan himpunan logika *fuzzy* atau fungsi keanggotaan logika *fuzzy*. Informasi dalam logika *fuzzy* harus diubah kedalam nilai tegas agar dapat digunakan untuk mengendalikan suatu proses. Nilai tegas tersebut harus mencerminkan informasi yang terkandung dalam himpunan logika *fuzzy*. Proses yang digunakan mengubah hasil inferensi *fuzzy* ke dalam *output* nilai tegas merupakan proses defuzzifikasi. Pada metode *fuzzy*-Sugeno fungsi implikasi yang digunakan adalah *MIN* (*Minimum*) untuk mendapatkan α -predikat tiap-tiap *rule*. Kemudian masing-masing nilai α -predikat ini digunakan untuk menghitung keluaran hasil

inferensi secara tegas (*crisp*) masing-masing *rule* ($Z_1, Z_2, \dots, Z_n$).

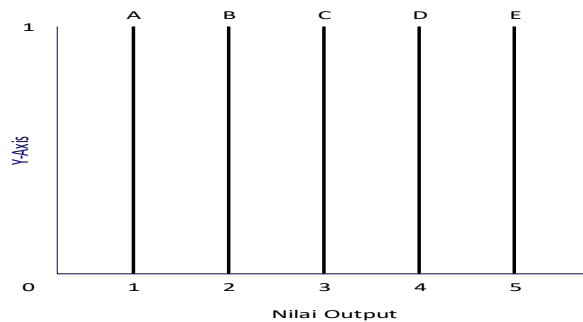


Gambar 6. Aturan Fuzzy

Setelah itu ke tahap proses defuzzifikasi. Pada sistem ini menerapkan metode *defuzzy weighted average* untuk mencari nilai dari output sistem. Adapun rata-rata terbobot dihitung menggunakan rumus (1).

$$Z = \frac{\sum \alpha_i z_i}{\alpha_i} \quad (1)$$

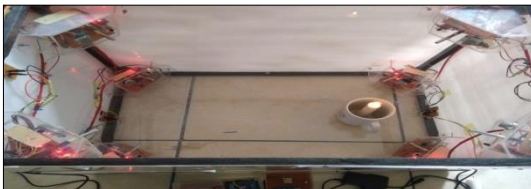
Himpunan *fuzzy output* pada mekanisme aturan berupa keluaran *singleton* dengan jangkauan antara 1 hingga 5 yang dipetakan menjadi 5 variabel linguistik. Kelima variabel tersebut yaitu A dengan nilai *singleton-1*, B dengan nilai *singleton-2*, C dengan nilai *singleton-3*, D dengan nilai *singleton-4* dan E dengan nilai *singleton-5*. Adapun grafik *output* yang digunakan ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Himpunan Output Fuzzy

2.3. Implementasi Sistem

Setelah tahap perancangan perangkat keras dan lunak, selanjutnya tahap implementasi.. Implementasi pada perangkat keras ditunjukkan pada gambar 8. Pada gambar terlihat posisi untuk titik api pada setiap titik sudut ruangan.



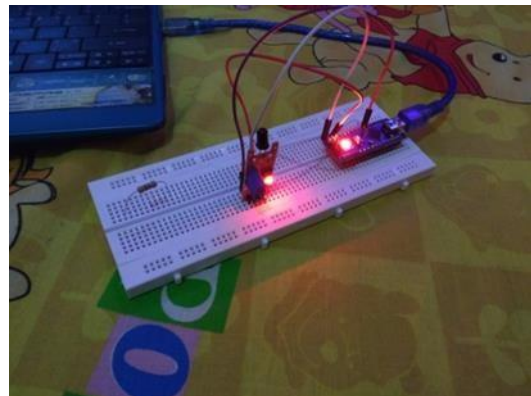
Gambar 8. Implementasi Perangkat Keras

3. Hasil Dan Pembahasan

Pada sistem terdapat 5 pengujian yaitu pengujian sensor api KY-026, pengujian sensor suhu DS18B20, pengujian sensor asap MQ-9, pengujian kendali logika *fuzzy* pada rangkaian dan pengujian multisensor.

3.1. Pengujian Sensor Api

Tujuan dilakukan pengujian pada sensor api adalah untuk mengetahui nilai ADC yang dihasilkan oleh sensor ketika mendeteksi adanya *infrared* yang dihasilkan oleh api. Pengujian sensor api KY-026 ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Pengujian Sensor Api KY-026

Tabel 4, menunjukkan 10 pengujian yang telah dilakukan untuk mengetahui berapa nilai ADC yang berhasil terbaca oleh sensor. Pengujian dilakukan berdasarkan jarak antara sensor dengan api. Jarak pengujian maksimal adalah 100 cm yang dibagi menjadi 10 yaitu jarak 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm, 90 cm dan 100 cm. Pengujian dilakukan dengan menggunakan nyala api yang ada pada lilin. Jarak maksimal pembacaan sensor merupakan jarak maksimal yang dapat dibaca oleh sensor berdasarkan *datasheet*.

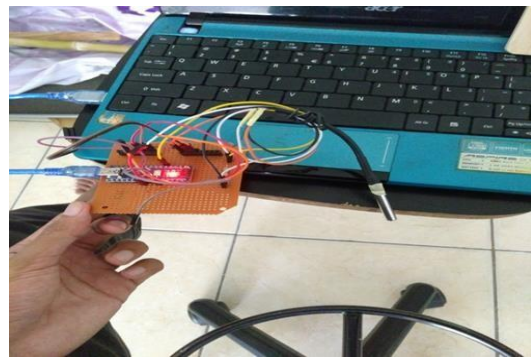
Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Api KY-026

Percobaan	Jarak (cm)	Pembacaan Sensor (ADC)
1	10	40
2	20	42
3	30	44
4	40	52
5	50	57
6	60	64
7	70	148
8	80	214
9	90	397
10	100	455

3.2. Pengujian Sensor Suhu

Gambar 10 menunjukkan pengujian terhadap sensor suhu DS18B20. Pengujian dilakukan untuk mengetahui hasil pembacaan suhu dalam satuan *celcius*.

Tabel 5 merupakan 10 pengujian yang dilakukan terhadap sensor suhu. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data hasil pembacaan sensor dengan alat ukur suhu berupa *thermometer*. Dari hasil pengujian sensor selisih yang didapatkan tidak terlalu jauh sehingga *error* yang dihasilkan tidak terlalu besar yaitu dengan rata-rata *error* sebesar 1.84%, persentase ini lebih kecil dibandingkan jika menggunakan sensor suhu DHT11.

**Gambar 10. Pengujian Sensor Suhu DS18B20****Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20**

Waktu (Detik)	Pembacaan Sensor(°C)	Pembacaan Thermometer(°C)	Selisih	Error(%)
10	27.69	27.1	0.59	2.13 %
20	27.69	27.1	0.59	2.13 %
30	27.62	27.1	0.52	1.88 %
40	27.56	27.1	0.46	1.67 %
50	28.50	28.1	0.4	1.40 %
60	28.62	28.1	0.62	2.17 %
70	28.56	28.1	0.56	1.96 %
80	28.69	28.1	0.59	2.06 %
90	28.75	28.2	0.55	1.91 %
100	28.50	28.2	0.3	1.05 %
Rata-rata			0.52	1.84%

Untuk menghitung selisih, *error* dan rata-rata menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Selisih} = \text{Hasil sensor} - \text{Hasil alat ukur} \quad (2)$$

$$\text{Error} = \frac{\text{nilai sensor} - \text{nilai alat ukur}}{\text{nilai sensor}} \times 100\% \quad (3)$$

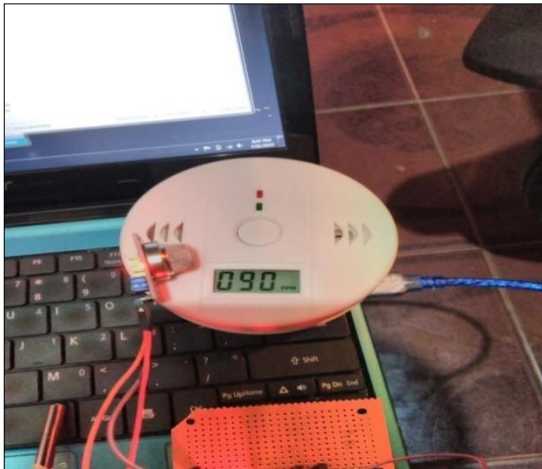
$$\text{Rata-rata} = \frac{\text{total selisih atau total error}}{\text{jumlah percobaan}} \quad (4)$$

3.3. Pengujian Sensor Asap

Pengujian pada sensor asap MQ-9 dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan data kadar gas karbon monoksida dengan satuan PPM (*Part per Million*). Pengujian dilakukan dengan membandingkan data hasil pembacaan sensor MQ-9 dengan hasil pembacaan alat ukur gas karbon monoksida berupa modul. Pengujian dilakukan dengan mendekatkan masing-masing alat tersebut

dekat dengan saluran gas buang kendaraan bermotor. Jarak antara masing-masing alat dengan knalpot motor sekitar 20-30 cm. Gambar 11 merupakan pengujian yang dilakukan terhadap sensor MQ-9.

Sedangkan hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 6. Dari hasil pengujian, diperoleh nilai *error*, rata-rata dan selisih, didapatkan dengan mengacu pada “(2)”, “(3)” dan “(4)”.



Gambar 11. Pengujian Sensor Asap MQ-9

Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor Asap MQ-9

Waktu	MQ-9(ppm)	Alat Ukur	Selisih	Error
5 detik	93.34	90 ppm	3.34	3.58 %
10 detik	94.11	90 ppm	4.11	4.37 %
15 detik	94.89	90 ppm	4.89	5.15 %
20 detik	96.45	90 ppm	6.45	6.69 %
25 detik	97.24	90 ppm	7.24	7.45 %
30 detik	97.24	90 ppm	7.24	7.45 %
35 detik	98.83	90 ppm	8.83	8.93 %
40 detik	98.87	90 ppm	8.87	8.97 %
45 detik	101.22	90 ppm	9.22	9.11 %
50 detik	101.35	90 ppm	11.35	11.2 %
Rata-rata			0.52	1.84%

3.4. Pengujian Logika Fuzzy

Pengujian logika *fuzzy* dilakukan dengan membandingkan nilai *output fuzzy* pada rangkaian sistem dengan nilai *output fuzzy* yang terdapat pada *software* MATLAB. Pengujian yang dilakukan sebanyak 10 kali ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Logika Fuzzy

Suhu(°C)	Input		Output		Selisih	Error
	Api(ADC)	Asap(ppm)	Arduino	Matlab		
23.40	48.8	26.5	2.00	1.28	0.72	5.62%
29.25	774	1.31	2.00	2.00	0	0%
24.00	50	20	2.00	1.40	0.6	4.28%
25.00	25	280	4.00	4.00	0	0%
35.00	25	300	5.00	5.00	0	0%
15.00	500	25	1.00	1.00	0	0%
25.00	200	100	2.73	2.73	0	0%
25.00	350	200	3.00	3.00	0	0%
10.00	800	20	1.00	1.00	0	0%
15.00	200	500	4.00	4.00	0	0%
Rata-rata				0.13	0.99%	

Dari hasil pengujian antara program *fuzzy* yang telah disematkan pada arduino dengan *software* MATLAB selisih dan *error* tidak terlalu besar. Untuk mendapatkan nilai perhitungan dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$\text{Selisih} = \text{hasil arduino} - \text{hasil MATLAB} \quad (5)$$

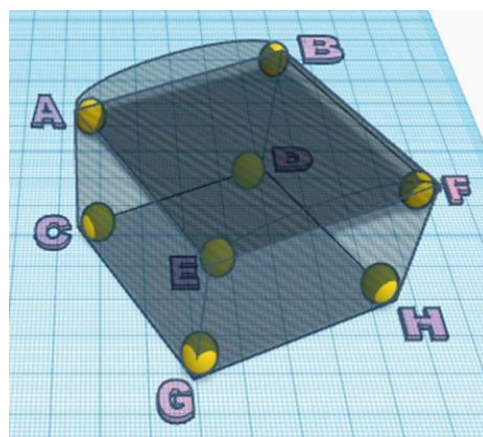
$$\text{Error} = \frac{\text{nilai arduino} - \text{nilai matlab}}{\text{nilai matlab}} \times 100\% \quad (6)$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{\text{total selisih atau total error}}{\text{jumlah percobaan}} \quad (7)$$

3.5. Pengujian Multisensor

Pengujian yang dilakukan merupakan hasil pembacaan dari kedelapan titik sudut terhadap posisi nyala api dari lilin yang akan diletakkan di 6 posisi yang berbeda. Hasil dari pengujian sistem multisensor ini dapat dilihat pada tabel 8-13. Sedangkan untuk penempatan multisensor dapat dilihat pada gambar 12.

Berdasarkan *rule fuzzy* yang telah dirancang, maka apabila sistem mendeteksi adanya api dan kadar gas yang cukup besar, maka *ouput fuzzy* akan menghasilkan nilai lebih dari 3.00.



Gambar 12. Penempatan Multisensor

Tabel 8. Hasil Pengujian Letak Api Kanan Bawah

Multisensor	Api (ADC)	Suhu (°C)	Asap (ppm)	Output Fuzzy
A	51.00	27.37	0.36	3.00
B	52.00	29.06	1.75	3.00
C	36.00	27.06	1.75	2.71
D	56.00	29.50	3.22	3.00
E	37.00	29.31	0.05	3.00
F	43.00	29.06	1.75	3.00
G	45.00	26.69	0.80	2.50
H	47.00	27.5	2.25	3.00

Tabel 9. Hasil Pengujian Letak Api Kiri Bawah

Multisensor	Api (ADC)	Suhu (°C)	Asap (ppm)	Output Fuzzy
A	41	27.87	0.36	3.00
B	45	28.44	0.90	3.00
C	38	27.37	3.40	3.00
D	31	28.37	4.54	3.00
E	41	28.25	4.85	3.00
F	46	28.62	6.41	3.00
G	50	28.37	1.30	3.00
H	41	28.25	4.85	3.00

Tabel 10. Hasil Pengujian Letak Api Tengah Bawah

Multisensor	Api (ADC)	Suhu (°C)	Asap (ppm)	Output Fuzzy
A	45	28.00	0.22	3.00
B	64	27.87	1.61	3.00
C	63	26.94	2.10	2.26
D	44	27.81	4.34	3.00
E	48	27.31	0.07	3.00
F	40	27.81	7.01	3.00
G	35	28.00	5.39	3.00
H	56	27.00	2.03	2.51

Tabel 11. Hasil Pengujian Letak Api Kanan Atas

Multisensor	Api (ADC)	Suhu (°C)	Asap (ppm)	Output Fuzzy
A	37	27.06	1.75	2.50
B	54	29.62	3.22	3.00
C	51	27.37	0.36	3.00
D	47	29.12	2.10	3.00
E	37	29.44	0.05	3.00
F	37	29.50	0.05	3.00
G	47	27.56	2.25	3.00
H	46	26.62	0.80	2.50

Tabel 12. Hasil Pengujian Letak Api Kiri Atas

Multisensor	Api (ADC)	Suhu (°C)	Asap (ppm)	Output Fuzzy
A	31	28.25	4.65	3.00
B	38	27.50	3.31	3.00
C	45	28.31	0.80	3.00
D	40	27.87	0.16	3.00

E	46	28.62	6.29	3.00
F	52	27.37	0.36	3.00
G	37	27.06	1.75	2.71
H	52	29.12	1.30	3.00

Tabel 13. Hasil Pengujian Letak Api Tegah Atas

Multisensor	Api (ADC)	Suhu (°C)	Asap (ppm)	Output Fuzzy
A	44	27.81	4.34	3.00
B	56	27.00	2.03	2.51
C	67	27.94	1.55	3.00
D	45	28.12	0.22	3.00
E	40	27.81	6.65	3.00
F	73	27.31	0.09	3.00
G	74	26.94	2.32	2.25
H	35	27.81	5.17	3.00

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancangan dan pengujian alat, dapat disimpulkan bahwa kinerja alat sebagai pendeteksi kebakaran dini, juga berfungsi sebagai sistem *monitoring* keadaan ruangan terhadap potensi kebakaran telah bekerja dengan baik, mampu merepresentasikan hasil pembacaan data seluruh multisensor, dan dapat mengklasifikasikan kondisi ruangan yang dimonitoring dengan baik sesuai dengan data input yang diterima oleh perangkat *hardware* dan *software*. Pengujian terhadap sensor MQ-9 ditemukan rata-rata *error* sebesar 7.29%. Pada pengujian program *fuzzy*, *output fuzzy* antara arduino dengan *fuzzy* yang terdapat di MATLAB terdapat selisih yang kecil yaitu 0.99%. Hal ini menunjukkan kendali logika *fuzzy* pada pembacaan data multisensor memiliki tingkat akurasi yang tinggi.

Untuk pengembangan berikutnya sistem ini perlu dilengkapi dengan catu daya cadangan berupa energi solar cell yang dapat disimpan pada baterai dengan kapasitas daya yang cukup besar, agar saat terjadi pemadaman listrik sistem deteksi dan monitoring ini tetap dapat bekerja. Sistem deteksi kebakaran ini, dapat dikembangkan sebagai sistem monitoring yang dapat bekerja secara *portable* dengan menanamkan Raspberry Pi.

Referensi

- Permen PU RI No. 26/PRT/M/2008 Tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung Dan Lingkungan.
- Sasmoko, D. (2017). Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis IoT. *Jurnal SIMETRIS*, 469-476.
- Yendri, D. (2017). Perancangan Sistem Pendeteksi Kebakaran Rumah Penduduk Pada Daerah Perkotaan Berbasis Mikrokontroler. *jurnal.umj.ac.id*, hlm.1-10.
- Putra, I. P. (2018). Sistem Pendeteksi Kebakaran Menggunakan RaspberryPi Berbasis Android. *MERPATI*, hlm.167-173.
- Dana, M. M. (2018). Rancang Bangun Sistem Deteksi Titik Kebakaran Dengan Metode NaiveBayes Menggunakan Sensor Suhu dan Sensor Api Berbasis Arduino. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3384-3390.
- Purnomo, A. R. (2018). Implementasi Metode Fuzzy Sugeno Pada Embedded System Untuk Mendeteksi Kondisi Kebakaran Dalam Ruangan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, hlm. 1428-1435.
- B, Alfian Akbar. (2018). Pengontrol Suhu Air Menggunakan Sensor DS18B20 Berbasis ArduinoUno. Medan: Repositori Institusi USU.

- Efiariza, Widya. (2016). Analisis Pengelolaan Penanggulangan Kebakaran di IGD RSUP H Adam Malik Medan Tahun 2016. Medan: Repositori Institusi USU.
- Faisal, A. (2010). Pendeteksi Kebakaran Dengan Menggunakan Sensor Suhu LM35D Dan Sensor Asap. Seminar Nasional Informatika 2010, ISSN: 1979-2328.
- Haddiris. (2017). Penstabil Temperatur Air Otomatis Menggunakan Sensor DS18B20 Berbasis Arduino. Medan: Repositori Institusi USU.
- Kusumadewi, Sri dan Purnomo Hari. 2010. Aplikasi Logika Fuzzy. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Nisa, Auliati. (2018). Pemanatan Teknologi Internet Of Things Untuk Monitoring Konsentrasi CO Dan CO2 Dalam Upaya Mendeteksi Kebakaran Hutan. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Pinem, Siti Malinda. (2016). Sistem Pengukuran Kadar Aseton Dengan Nafas Berbasis Arduino Nano Dengan Tampilan Android. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Setiawan, A. (2018). Prototype Sistem Deteksi Dini Kebakaran. Prosiding Seminar Nasional SISFOTEK, hlm.228-236.