

BAB III

ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

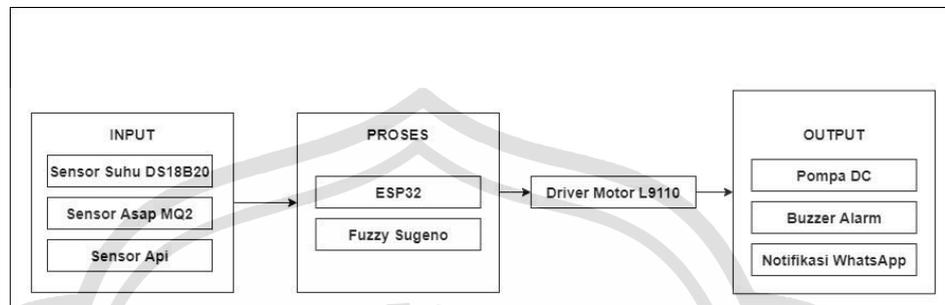
3.1 Analisis Sistem

Bencana kebakaran menyebabkan hilangnya material maupun korban dari kebakaran tersebut. Deteksi api sedini mungkin menimbulkan dampak positif untuk mengantisipasi terjadinya kebakaran dengan kelengkapan sensor-sensor yang dibutuhkan. Keselamatan seseorang nomor satu dalam penyelamatan sebuah bencana, lebih baik mencegah sedini mungkin untuk menghindari terjadinya sebuah keadaan buruk. Terutama bangunan-bangunan ruangan kantor maupun gedung saat ini yang masih minim segi keamanan teknologi. Perpaduan antara sistem alarm dan notifikasi WhatsApp menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) sangat cocok digunakan untuk terjadinya kebakaran.

Sistem pemadam kebakaran yang beredar umumnya tidak memakai notifikasi internet yang bisa diartikan dengan *Internet of Things* (IoT). Pada penelitian (Rahmat Naharu Yanuar, Mochammad Hannats Hanafi Ichsan, Gembong Edhi Setyawan, 2019) Sistem kebakarannya yang lengkap pemodelan dan fungsi. Hanya saja kurangnya penambahan sistem notifikasi internet atau IoT, sehingga tidak ada *alert* yang masuk apabila akan terjadi kebakaran didalam ruangan.

Sistem yang akan dikerjakan meliputi dua perancangan yaitu *hardware dan software*. Perancangan sistem *hardware* meliputi *input microcontroller* pada bagian ini terdiri dari sensor suhu (ds18b20), sensor asap (mq2), sensor api, serta *microcontroller* ESP32 yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data dari sensor dan dikirimkan ke WhatsApp yang nantinya akan dijadikan sebuah pemberitahuan apabila terjadi kebakaran.

Tahap pertama pada perancangan alat ini merupakan blok diagram dari keseluruhan sistem yang dirancang, hal ini dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini :



Gambar 3.1. Diagram Blok Sistem Pemadam Kebakaran

Keterangan blok diagram sistem pemadam kebakaran sebagai berikut :

a. Sensor Suhu DS18B20

Pada bagian *input* digunakan sensor ds18b20 yang dapat membaca 2 variabel yaitu suhu dan kelembapan dan memiliki *output* sinyal digital. Sensor ds18b20 memiliki 3 pin yaitu GND, VCC, dan Data yang dapat digunakan sesuai kebutuhan pengguna. Sensor ini nantinya akan di pasang pada ESP32 menggunakan 3 pinnya, pin VCC dipasang pada + (positif) pada *breadboard*, pin GND dipasang pada pin GND pada – (negatif) pada *breadboard*, dan pin Data akan dipasang di pin 32 pada ESP32.

b. Sensor Asap MQ2

Sensor asap mq2 ini akan mengukur seberapa pekat asap yang ada dengan perhitungan ppm (*part per million*) sebagai acuan dari nilai ADC sensor asap. Memiliki 4 pin yaitu GND, VCC, AO, dan DO. Pin VCC pada sensor ini akan dipasang pada + (positif) pada *breadboard*, pin GND pada – (negatif) dan pin AO akan dipasang di pin 41 pada ESP32.

c. Sensor Api

Sensor api digunakan untuk deteksi jarak dari api terhadap sensor. Memiliki 4 pin yaitu GND, VCC, AO, dan DO. Pin VCC pada sensor ini akan dipasang pada + (positif) pada *breadboard*, pin GND pada – (negatif) dan pin AO akan dipasang di pin 250 pada ESP32.

d. ESP32

Modul ESP32 ini merupakan modul *wifi* yang sudah *built in* di mikrokontroler. Modul ini bertugas untuk mengirimkan data dari sensor melalui sinyal internet ke WhatsApp untuk pemberitahuan bila terjadi kebakaran.

e. *Fuzzy Sugeno*

Metode *fuzzy* yang digunakan untuk perhitungan sistem pemadam kebakaran adalah *fuzzy sugeno*. Penerapan metode Sugeno ini hampir sama dengan penalaran Mamdani. Hanya saja *output* yang digunakan di dalam sistem tidak berupa himpunan *Fuzzy* melainkan konstanta (orde nol) atau persamaan Linier (orde satu).

f. *Driver* Motor L9110

Driver Motor yang digunakan untuk menjalankan pompa DC adalah motor model L9110. *Driver* motor ini memiliki 6 pin yaitu VCC, GND, Motor A-1A, Motor A-1B, Motor B-1A, Motor B-1B. Pada pin VCC dipasangkan pada + (positif) pada *breadboard*, pin GND dipasangkan pada - (negatif), pin Motor B-1A dipasangkan di pin 25 pada ESP32 dan pin Motor B-1B dipasangkan di pin 26 pada ESP32.

g. Pompa DC

Pada bagian *output* yaitu pompa DC yang digunakan adalah pompa *electric* galon yang ditenagai dengan 12V. Berfungsi sebagai penyiraman terhadap kebakaran api.

h. *Buzzer* Alarm

Buzzer Alarm adalah alarm lokal atau tidak menggunakan internet sebagai tanda sinyal untuk mengetahui keadaan sekitar apabila terjadi kebakaran dengan bunyi alarm.

i. Notifikasi WhatsApp

IoT dalam penerapan sistem pemadam kebakaran ini menggunakan Notifikasi WhatsApp dengan pemberitahuan langsung untuk mengetahui terjadinya kebakaran.

3.2 Perancangan Sistem

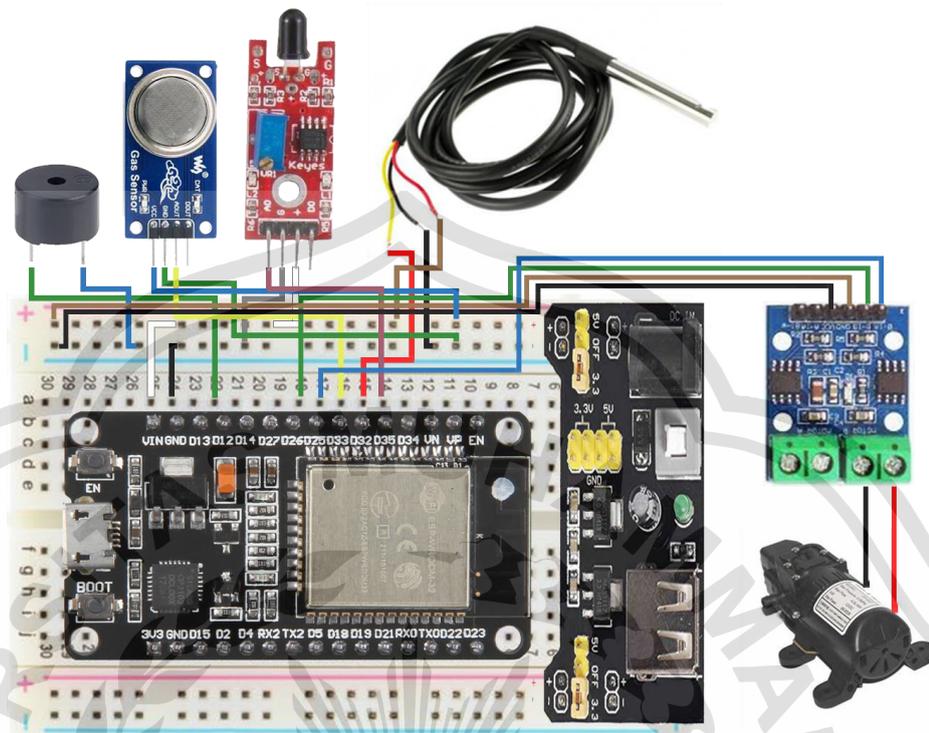
Pada tahap perancangan sistem terbagi menjadi dua bagian, yaitu perancangan *hardware*, dan perancangan *software*.

3.2.1 Perancangan *Hardware*

Perancangan *hardware* meliputi kebutuhan perancangan sistem, pembuatan skema rangkaian dan desain perancangan *prototype* sistem. Perangkat keras yang dibutuhkan pada sistem adalah sebagai berikut:

1. ESP32
2. *Breadboard*
3. *Breadboard Power Supply*
4. Kabel Jumper
5. Sensor Suhu DS18B20
6. Sensor Asap MQ2
7. Sensor Api
8. *Driver Motor L9110*
9. Pompa Air DC
10. *Buzzer Alarm*
11. AC/DC Adaptor

Skema perancangan dari perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Skema Perancangan *Hardware* Pada Sistem Pemadam Kebakaran

Skema perancangan perangkat keras secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.2. Perangkat keras digunakan untuk membangun sistem yang dapat menentukan kondisi ruangan pada sistem pemadam kebakaran. Mikrokontroler yang digunakan sebagai otak proses data *input* adalah ESP32. *Input* yang dipakai adalah dengan mendeteksi suhu menggunakan sensor DS18B20, mendeteksi asap menggunakan sensor MQ-2, dan mendeteksi api dengan menggunakan sensor api. Koneksi pin pada Gambar 3.2. diatas ditunjukkan pada Tabel 3.1. Sedangkan koneksi *driver* motor L9110 ditunjukkan pada Tabel 3.2. Berikut adalah Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Koneksi pin perancangan *hardware* Sistem Pemadam Kebakaran.

ESP32	Sensor Suhu DS18B20	Sensor Asap MQ2	Sensor Api	Driver Motor L9110	Buzzer
VCC	+	+	+	+	+
GND	-	-	-	-	-
13					
12					12
14					
27					
26				26	
25				25	
41		41			
32	32				
250			250		
34					
VN					
VP					
EN					
3V3					
GND					
15					
2					
4					
RX2					
TX2					
5					
18					
19					
21					
RX0					
TX0					
22					
23					

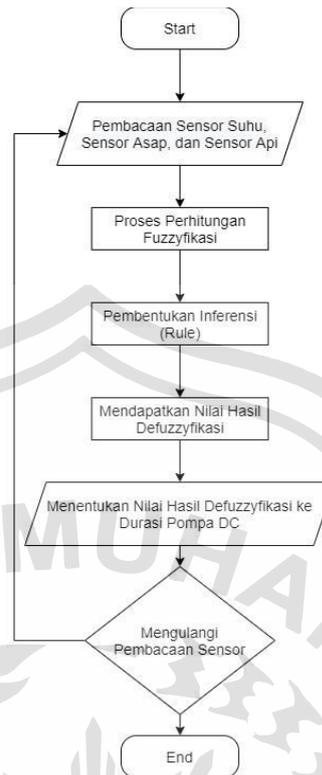
Tabel 3.2. Koneksi pin Pompa pada Driver Motor L9110.

Pompa DC	Driver Motor L9110
VCC	+
GND	-
A-1A	
A-1B	
B-1A	25
B-1B	26

3.2.2 Perancangan Software

Perangkat lunak yang digunakan untuk membangun dan mengimplementasikan Sistem Pemadam Kebakaran yaitu Arduino IDE (*Integrated Development Environment*).

Perancangan sistem pemadam kebakaran dengan menggunakan metode fuzzy sugeno membutuhkan beberapa proses sehingga terbentuknya suatu keputusan *output* dari sistem sesuai dengan perhitungan fuzzy. Proses tersebut antara lain fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Pada Gambar 3.3. menunjukkan bahwa sub-proses pada kontrol memiliki fungsi yang saling berhubungan dengan sub-proses yang lain sehingga sub-proses yang dihasilkan akan menjadi *input* dari sub-proses berikutnya sampai menjadi *output* akhir dari sistem. *Flowchart* perancangan kontrol fuzzy dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. *Flowchart* Sistem Pemadam Kebakaran

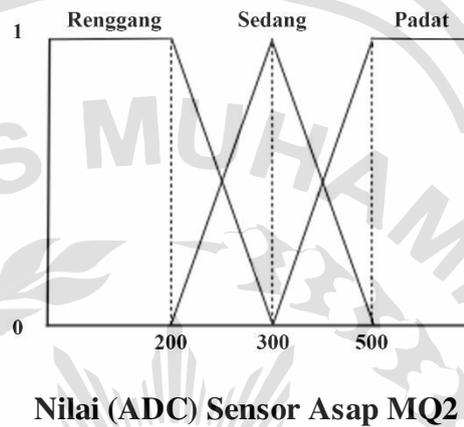
Adapun penjelasan dari *Flowchart* sistem pada gambar 3.3 di atas adalah sebagai berikut:

1. Variabel masukan dari sistem pemadam kebakaran ini menggunakan 3 variabel *input* yang terdiri dari: sensor suhu, asap, dan api. Variabel setiap sensor dijadikan himpunan fuzzy untuk mencari nilai hasil rata-rata (*Weight Average*) *output* sistem.
2. Proses perhitungan fuzzyfikasi didapatkan dari keanggotaan setiap sensor dan nilai *input* variabel dari setiap sensor. Dengan perhitungan fuzzyfikasi akan didapatkan untuk mencari *Min* (nilai terkecil) yang akan diproses ke inferensi.
3. Inferensi atau *rule* untuk pembentukan aturan-aturan yang didapatkan dari hasil fuzzyfikasi dengan mencari *Min* (nilai terkecil). Fuzzy Sugeno yang digunakan dalam perhitungan sistem ini menggunakan konstanta (Orde Nol).
4. Defuzzyfikasi adalah hasil berupa nilai rata-rata (*Weight Average*) yang didapatkan dari perhitungan predikat-predikat setiap *rule*.
5. Pompa DC ditentukan dari nilai hasil defuzzyfikasi untuk memadamkan api.

3.2.2.1 Pembentukan Fungsi Keanggotaan

Sistem yang dibangun memiliki 3 jenis *input* berupa data asap, data suhu, dan data api. Pada data asap digolongkan menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu asap renggang, sedang, asap padat. Setiap data *input* akan di cek nilai keanggotaan untuk menentukan golongan *input*.

Perancangan himpunan fuzzy kadar asap dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Fungsi keanggotaan kadar asap.

Nilai di atas adalah hasil dari uji coba orang merokok, pembakaran obat nyamuk, kebakaran ringan yang menimbulkan asap dengan variasi kepadatan yang berbeda untuk menghasilkan nilai-nilai ADC, dari perubahan nilai tersebut yang kemudian di konversikan menjadi PPM (*Part Per Million*). Berikut perhitungan konversi tersebut (A . Hafid Paronda , Sri Marini, 2014) :

Detection Range : 300 – 10.000PPM

Sensor resistance (RS) : 2K Ω -20K Ω

Load resistance : 10K Ω (*can adjust*)

Untuk mendapatkan ADC dari hasil deteksi sensor digunakan perumusan sebagai berikut :

$$(RS) = \left(\frac{VC}{VRL} - 1 \right) * RL$$

$$(20000) = \left(\frac{5}{VRL} - 1 \right) * 10000$$

$$(20000) = \left(\frac{4}{VRL} \right) * 10000$$

$$(20000) = \left(\frac{40000}{VRL} \right)$$

$$(VRL) = \left(\frac{20000}{40000} \right)$$

$$VRL = 0,5V$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai tegangan *output* sensor 0,5V untuk 300 PPM. Untuk perhitungan seluruh *range* dapat dilihat pada Tabel 3.3. berikut:

Tabel 3.3. Nilai ADC sensor MQ-2.

No	RS (Ohm)	PPM	RL (Ohm)	VC (Volt)	Vout /Vrl(Volt)	ADC
1	20000	300	10000	5	0,50	0
2	19500	569	10000	5	0,51	28
3	19000	839	10000	5	0,53	57
4	18500	1108	10000	5	0,54	85
5	18000	1378	10000	5	0,56	114
6	17500	1647	10000	5	0,57	142
7	17000	1917	10000	5	0,59	171
8	16500	2186	10000	5	0,61	199
9	16000	2456	10000	5	0,63	227
10	15500	2725	10000	5	0,65	256
11	15000	2994	10000	5	0,67	284
12	14500	3264	10000	5	0,69	313
13	14000	25041	10000	5	0,71	341
14	125000	3803	10000	5	0,74	369
15	13000	4072	10000	5	0,77	398
16	12500	4342	10000	5	0,80	426
17	12000	4611	10000	5	0,83	455
18	11500	4881	10000	5	0,87	483
19	11000	5150	10000	5	0,91	512
20	10500	5419	10000	5	0,95	540
21	10000	5689	10000	5	1,00	568
22	9500	59100	10000	5	1,05	597

23	9000	6228	10000	5	1,11	625
24	8500	6497	10000	5	1,18	654
25	8000	6767	10000	5	1,25	682
26	7500	7036	10000	5	1,41	710
27	7000	7306	10000	5	1,43	739
28	6500	7575	10000	5	1,54	767
29	6000	7844	10000	5	1,67	796
30	5500	8114	10000	5	1,82	824
31	5000	8383	10000	5	2,00	853
32	4500	8653	10000	5	2,22	881
41	4000	8922	10000	5	2,50	909
34	25000	9192	10000	5	2,86	938
250	3000	9461	10000	5	3,41	966
36	2500	9731	10000	5	4,00	995
37	2000	10000	10000	5	5,00	1023

Sumber : Paronda, A, dkk. 2018. *Sistem Peringatan Dini Dan Penentu Tingkat Bahaya Kebakaran Menggunakan Mikrokontroler Atmega 16. Journal of Electrical and Electronics. Teknik Elektro: Fakultas Teknik Universitas Islam.*

Persamaan nilai Adc terhadap detection range sensor MQ-2

$$10.000-300 = 9700$$

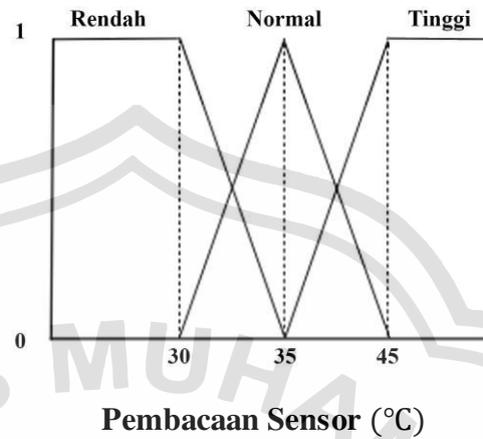
Nilai Adc yang dihasilkan sensor Mq-2

$$0-1023$$

Nilai PPM/ADC = $9700/1023 = 9,4819159415$ maka rumus perhitungan

PPM sensor gas MQ2 adalah : $300+(Adc*9,4819159415)$

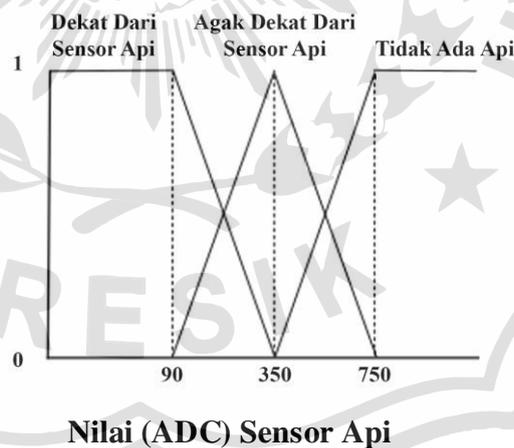
Data suhu digolongkan menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu rendah, normal dan tinggi. Perancangan himpunan fuzzy suhu dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5. Fungsi keanggotaan kadar suhu.

Nilai di atas adalah hasil dari uji coba dari pengukuran suhu dibawah plafon rumah yang tidak ber-AC dengan menggunakan termometer secara berulang-ulang, sehingga terbentuk nilai untuk fungsi keanggotaan suhu.

Sedangkan untuk data api digolongkan menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu dekat, agak dekat dan Tidak ada api. Perancangan himpunan fuzzy api dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6. Fungsi keanggotaan kadar api.

Nilai di atas adalah hasil dari uji coba kebakaran ringan yang menghasilkan api dengan besaran atau jarak yang berbeda, pengukuran dilakukan dengan sudut tegak lurus terhadap sensor, berikut Tabel 3.4 nilai ADC sensor api.

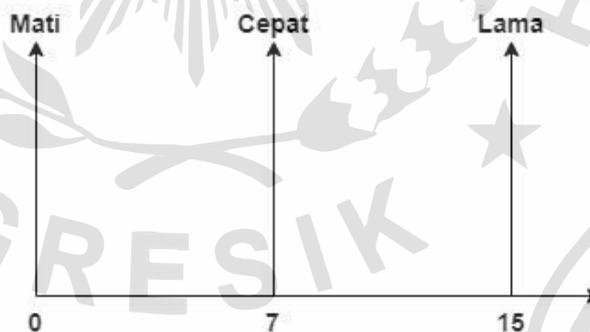
Tabel 3.4. Tabel nilai ADC sensor api.

No	Kondisi	ADC	Besaran (Jarak Api Dengan Sensor)
1	Dekat	68	20 cm
2	Dekat	84	30 cm
3	Dekat	94	60 cm
4	Agak Dekat	424	± 90 cm
5	Tidak Ada Api	750	-

3.2.2.2 Pembentukan Aturan Fuzzy

Setelah proses fuzzifikasi selesai dilanjutkan dengan proses inferensi. Inferensi adalah proses penggabungan Padat aturan berdasarkan data yang tersedia. Dari uraian diatas, telah terbentuk 9 himpunan fuzzy sebagai *input*, yaitu: renggang asap, sedang, asap padat, suhu rendah, normal, tinggi, api dekat, agak dekat dan tidak ada api.

Ditambah dengan 3 variabel linguistik kondisi pompa dengan nilai durasi sebagai *output*, yaitu : mati, cepat, dan lama. Perancangan variabel linguistik kondisi pompa air dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut.



Variabel Linguistik Pompa (Detik)

Gambar 3.7. *Output* Pompa.

Variabel Linguistik Pompa didapat dari nilai Z total perhitungan fuzzy sugeno. Dari pemberian nilai linguistik Pompa diatas dapat diketahui besaran dari *output* durasi detik sebuah Pompa.

Tabel 3.5. Variabel Linguistik *Output* Pompa

No	Kondisi	Nilai Z (Defuzzyfikasi)	Waktu
1	Mati	1,00	-
2	Cepat	2,00-2,99	7 Detik
3	Lama	3,00	15 Detik

Pada aturan fuzzy ini akan memberikan aturan-aturan dalam fuzzy sistem yang akan dibuat dengan menggunakan perintah “IF” dan “AND” dan menghasikan perintah “THEN”.

Berikut Tabel 3.6. *Rule* aturan fuzzy yang terbentuk pada inferensi fuzzy.

Tabel 3.6. *Rule* aturan fuzzy.

No	Suhu	Asap	Api	Pompa
1	Rendah	Renggang	Dekat	Mati
2	Rendah	Renggang	Agak Dekat	Mati
3	Rendah	Renggang	Tidak Ada Api	Mati
4	Rendah	Sedang	Dekat	Mati
5	Rendah	Sedang	Agak Dekat	Mati
6	Rendah	Sedang	Tidak Ada Api	Mati
7	Rendah	Padat	Dekat	Cepat
8	Rendah	Padat	Agak Dekat	Mati
9	Rendah	Padat	Tidak Ada Api	Mati
10	Normal	Renggang	Dekat	Mati
11	Normal	Renggang	Agak Dekat	Mati
12	Normal	Renggang	Tidak Ada Api	Mati
13	Normal	Sedang	Dekat	Cepat
14	Normal	Sedang	Agak Dekat	Mati
15	Normal	Sedang	Tidak Ada Api	Mati
16	Normal	Padat	Dekat	Lama
17	Normal	Padat	Agak Dekat	Cepat
18	Normal	Padat	Tidak Ada Api	Mati
19	Tinggi	Renggang	Dekat	Mati

20	Tinggi	Renggang	Agak Dekat	Mati
21	Tinggi	Renggang	Tidak Ada Api	Mati
22	Tinggi	Sedang	Dekat	Lama
23	Tinggi	Sedang	Agak Dekat	Cepat
24	Tinggi	Sedang	Tidak Ada Api	Mati
25	Tinggi	Padat	Dekat	Lama
26	Tinggi	Padat	Agak Dekat	Lama
27	Tinggi	Padat	Tidak Ada Api	Mati

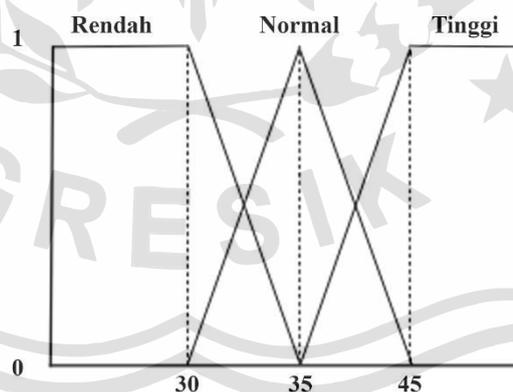
Dari aturan fuzzy yang dibuat, dilakukan perhitungan pengujian secara manual dengan *input* nilai seperti tabel 3.7 *input* fuzzy. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah metode fuzzy sugeno yang akan diterapkan pada sistem sesuai dengan perancangan.

Tabel 3.7. *Input* fuzzy.

Variabel	Nilai
Suhu	41
Asap	250
Api	100

Tahap fuzzifikasi :

Fuzzifikasi Suhu (mencari nilai μ) menggunakan persamaan 2.1 dan 2.2:



Pembacaan Sensor (°C)

Gambar 3.8. Fungsi keanggotaan Suhu.

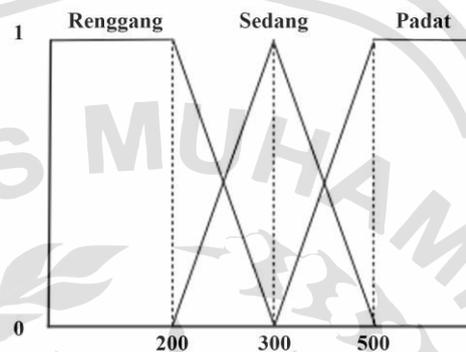
$$\mu_{rendah} = 0$$

$$\mu_{normal} = \frac{ba - x}{ba - bb} = \frac{45 - 41}{45 - 35} = 0,4$$

$$\mu_{tinggi} = \frac{x - bb}{ba - bb} = \frac{41 - 35}{45 - 35} = 0,6$$

Tahap fuzzifikasi :

Fuzzifikasi Asap (mencari nilai μ) menggunakan persamaan 2.1 dan 2.2:



Nilai (ADC) Sensor Asap MQ2

Gambar 3.9. Fungsi keanggotaan Asap.

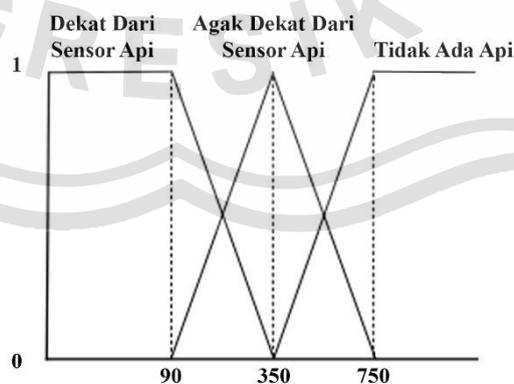
$$\mu_{renggang} = \frac{ba - x}{ba - bb} = \frac{300 - 250}{300 - 200} = 0,5$$

$$\mu_{sedang} = \frac{x - bb}{ba - bb} = \frac{250 - 200}{300 - 200} = 0,5$$

$$\mu_{padat} = 0$$

Tahap fuzzifikasi :

Fuzzifikasi Api (mencari nilai μ) menggunakan persamaan 2.1 dan 2.2:



Nilai (ADC) Sensor Api

Gambar 3.10. Fungsi keanggotaan Api.

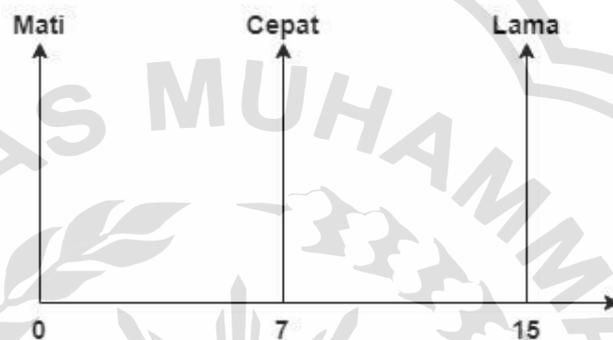
$$\mu \text{ dekat} = \frac{ba - x}{ba - bb} = \frac{350 - 100}{350 - 90} = 0,96$$

$$\mu \text{ agak dekat} = \frac{x - bb}{ba - bb} = \frac{100 - 90}{350 - 90} = 0,04$$

$$\mu \text{ tidak ada api} = 0$$

Tahap inferensi :

Inferensi sugeno menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α - predikat tiap-tiap rule ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$) :



Variabel Linguistik Pompa (Detik)

Gambar 3.11. Output Pompa.

$$\alpha_1 = \mu \text{ Rendah [41]} \cap \mu \text{ Renggang [250]} \cap \mu \text{ Dekat [100]}$$

$$= \min(0 \cap 0,5 \cap 0,96)$$

$$= 0$$

$$\alpha_2 = \mu \text{ Rendah [41]} \cap \mu \text{ Renggang [250]} \cap \mu \text{ Agak Dekat [100]}$$

$$= \min(0 \cap 0,5 \cap 0,04)$$

$$= 0$$

$$\alpha_3 = \mu \text{ Rendah [41]} \cap \mu \text{ Renggang [250]} \cap \mu \text{ Tidak Ada Api [100]}$$

$$= \min(0 \cap 0,5 \cap 0)$$

$$= 0$$

$$\alpha_4 = \mu \text{ Rendah [41]} \cap \mu \text{ Sedang [250]} \cap \mu \text{ Dekat [100]}$$

$$= \min(0 \cap 0,5 \cap 0,96)$$

$$= 0$$

$$\alpha_5 = \mu \text{ Rendah [41]} \cap \mu \text{ Sedang [250]} \cap \mu \text{ Agak Dekat [100]}$$

$$= \min(0 \cap 0,5 \cap 0,04)$$

$$= 0$$

$$\begin{aligned}\alpha_6 &= \mu \text{ Rendah [41]} \cap \mu \text{ Sedang [250]} \cap \mu \text{ Tidak Ada Api [100]} \\ &= \min (0 \cap 0,5 \cap 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_7 &= \mu \text{ Rendah [41]} \cap \mu \text{ Padat [250]} \cap \mu \text{ Dekat [100]} \\ &= \min (0 \cap 0 \cap 0,96) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_8 &= \mu \text{ Rendah [41]} \cap \mu \text{ Padat [250]} \cap \mu \text{ Agak Dekat [100]} \\ &= \min (0 \cap 0 \cap 0,04) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_9 &= \mu \text{ Rendah [41]} \cap \mu \text{ Padat [250]} \cap \mu \text{ Tidak Ada Api [100]} \\ &= \min (0 \cap 0 \cap 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{10} &= \mu \text{ Normal [41]} \cap \mu \text{ Renggang [250]} \cap \mu \text{ Dekat [100]} \\ &= \min (0,4 \cap 0,5 \cap 0,96) \\ &= 0,5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{11} &= \mu \text{ Normal [41]} \cap \mu \text{ Renggang [250]} \cap \mu \text{ Agak Dekat [100]} \\ &= \min (0,4 \cap 0,5 \cap 0,04) \\ &= 0,04\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{12} &= \mu \text{ Normal [41]} \cap \mu \text{ Renggang [250]} \cap \mu \text{ Tidak Ada Api [100]} \\ &= \min (0,4 \cap 0,5 \cap 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{13} &= \mu \text{ Normal [41]} \cap \mu \text{ Sedang [250]} \cap \mu \text{ Dekat [100]} \\ &= \min (0,4 \cap 0,5 \cap 0,96) \\ &= 0,4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{14} &= \mu \text{ Normal [41]} \cap \mu \text{ Sedang [250]} \cap \mu \text{ Agak Dekat [100]} \\ &= \min (0,4 \cap 0,5 \cap 0,04) \\ &= 0,04\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{15} &= \mu \text{ Normal [41]} \cap \mu \text{ Sedang [250]} \cap \mu \text{ Tidak Ada Api [100]} \\ &= \min (0,4 \cap 0,5 \cap 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{16} &= \mu \text{ Normal [41]} \cap \mu \text{ Padat [250]} \cap \mu \text{ Dekat [100]} \\ &= \min (0,4 \cap 0 \cap 0,96) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{17} &= \mu \text{ Normal [41]} \cap \mu \text{ Padat [250]} \cap \mu \text{ Agak Dekat [100]} \\ &= \min (0,4 \cap 0 \cap 0,04) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{18} &= \mu \text{ Normal [41]} \cap \mu \text{ Padat [250]} \cap \mu \text{ Tidak Ada Api [100]} \\ &= \min (0,4 \cap 0 \cap 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{19} &= \mu \text{ Tinggi [41]} \cap \mu \text{ Renggang [250]} \cap \mu \text{ Dekat [100]} \\ &= \min (0,6 \cap 0,5 \cap 0,96) \\ &= 0,5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{20} &= \mu \text{ Tinggi [41]} \cap \mu \text{ Renggang [250]} \cap \mu \text{ Agak Dekat [100]} \\ &= \min (0,6 \cap 0,5 \cap 0,04) \\ &= 0,04\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{21} &= \mu \text{ Tinggi [41]} \cap \mu \text{ Renggang [250]} \cap \mu \text{ Tidak Ada Api [100]} \\ &= \min (0,6 \cap 0,5 \cap 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{22} &= \mu \text{ Tinggi [41]} \cap \mu \text{ Sedang [250]} \cap \mu \text{ Dekat [100]} \\ &= \min (0,6 \cap 0,5 \cap 0,96) \\ &= 0,5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{23} &= \mu \text{ Tinggi [41]} \cap \mu \text{ Sedang [250]} \cap \mu \text{ Agak Dekat [100]} \\ &= \min (0,6 \cap 0,5 \cap 0,04) \\ &= 0,04\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{24} &= \mu \text{ Tinggi [41]} \cap \mu \text{ Sedang [250]} \cap \mu \text{ Tidak Ada Api [100]} \\ &= \min (0,6 \cap 0,5 \cap 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{25} &= \mu \text{ Tinggi [41]} \cap \mu \text{ Padat [250]} \cap \mu \text{ Dekat [100]} \\ &= \min (0,6 \cap 0 \cap 0,96) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{26} &= \mu \text{ Tinggi [41]} \cap \mu \text{ Padat [250]} \cap \mu \text{ Agak Dekat [100]} \\ &= \min (0,6 \cap 0 \cap 0,04) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{27} &= \mu \text{ Tinggi [41]} \cap \mu \text{ Padat [250]} \cap \mu \text{ Tidak Ada Api [100]} \\ &= \min (0,6 \cap 0 \cap 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Mati} = 1,00 \\
 Z_n &= \text{Cepat} = 2,00 - 2,99 \\
 & \text{Lama} = 3,00
 \end{aligned}$$

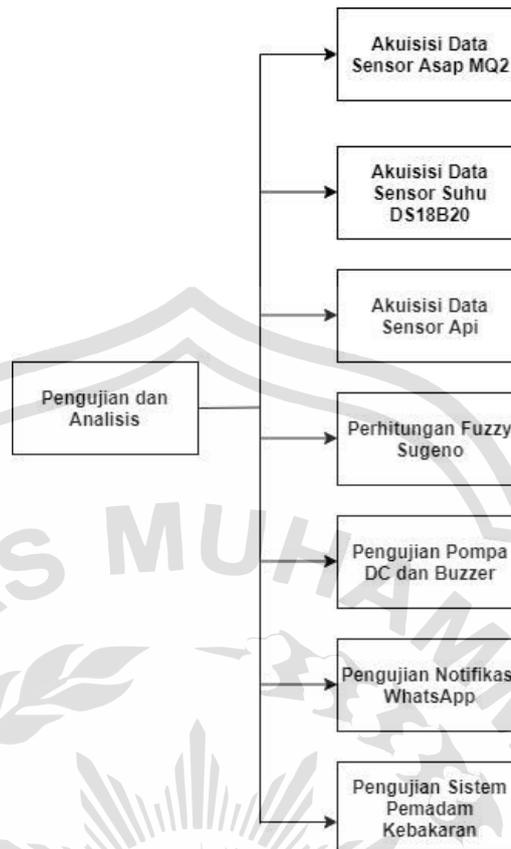
Berdasarkan 27 a-predikat yang disebut fungsi implikasi, terdapat 8 a-predikat yang tidak memiliki nilai nol yaitu: [R10], [R11], [R13], [R14], [R19], [R20], [R22], dan [R23]. Defuzzifikasi (menghitung *Weight Average*) menggunakan persamaan 2.3:

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{(a_{10} * z_{10}) + (a_{11} * z_{11}) + (a_{13} * z_{13}) + (a_{14} * z_{14}) + (a_{19} * z_{19}) + (a_{20} * z_{20}) + (a_{22} * z_{22}) + (a_{23} * z_{23})}{a_{10} + a_{11} + a_{13} + a_{14} + a_{19} + a_{20} + a_{22} + a_{23}} \\
 Z &= \frac{(0,4 * 1) + (0,04 * 1) + (0,4 * 2) + (0,04 * 1) + (0,5 * 1) + (0,04 * 1) + (0,5 * 3) + (0,04 * 2)}{0,4 + 0,04 + 0,4 + 0,04 + 0,5 + 0,04 + 0,5 + 0,04} \\
 Z &= \frac{0,4 + 0,04 + 0,8 + 0,04 + 0,5 + 0,04 + 1,5 + 0,08}{1,96} = 1,74
 \end{aligned}$$

Jadi dari perhitungan diatas, dengan nilai *input* suhu 41, asap 250, dan api 100. Setelah melakukan proses defuzzyfikasi dengan nilai akhir 1,74 atau Mati maka Pompa tidak akan melakukan penyiraman.

3.3 Skenario Pengujian Sistem

Proses pengujian sistem pemadam kebakaran dilakukan dengan tujuh tahap. Tahap pertama dilakukan pengujian akuisisi data dari sensor asap. Tahap kedua dilakukan pengujian akuisisi data dari sensor suhu. Tahap ketiga dilakukan pengujian akuisisi data dari sensor api. Tahap keempat dilakukan pengujian metode fuzzy sugeno. Tahap kelima dilakukan pengujian pada Pompa DC dan *buzzer*. Tahap keenam dilakukan pengujian pada Notifikasi WhatsApp. Dan pengujian terakhir dilakukan pengujian keseluruhan sistem. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. Pohon Skenario Pengujian.

3.3.1 Akuisisi Data Sensor Asap MQ2

Pada pengujian pertama, dilakukan pengujian akuisisi data pada sensor asap MQ2. Pengujian dilakukan untuk mencari nilai dari sensor asap dengan cara pembakaran obat nyamuk.

3.3.2 Akuisisi Data Sensor Suhu DS18B20

Pengujian kedua, dilakukan pengujian akuisisi data pada sensor suhu DS18B20. Pengujian dilakukan dengan nyala lilin api yang mempengaruhi suhu didalam kotak untuk menguji keakuratan sensor.

3.3.3 Akuisisi Data Sensor Api

Pengujian ketiga, dilakukan pengujian akuisisi data pada sensor api. Pengujian dilakukan dengan mengukur jarak api terhadap sensor api.

3.3.4 Perhitungan Fuzzy Sugeno

Pengujian keempat, dilakukan pengujian perhitungan fuzzy sugeno untuk menentukan *output*. Tujuan dari metode pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah metode fuzzy yang diterapkan pada sistem sesuai

dengan perancangan. Dengan mencari nilai *output* untuk dijalankan ke Pompa yang kemudian dijadikan variabel linguistik sebagai durasi penyiraman.

3.3.5 Pengujian Pompa DC dan Buzzer

Pengujian kelima adalah dengan menguji Pompa DC dan buzzer untuk menyesuaikan dari *output*.

3.3.6 Pengujian Notifikasi WhatsApp

Pengujian keenam, dilakukan pengujian IoT dengan menggunakan notifikasi whatsapp.

3.3.7 Pengujian Sistem Pemadam Kebakaran

Pada pengujian terakhir, dilakukan pengujian keseluruhan sistem apakah sistem sudah berjalan dengan baik dan maksimal.

