



YAYASAN PERGURUAN CIKINI
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
PERPUSTAKAAN PUSAT - ISTN

JL MOCH KHAFI II, BHUMI SRENGENG INDAH, JAGAKARSA-JAKARTA SELATAN 12640, JAKARTA
TELP (021) 7270090, FAX (021)

SURAT KETERANGAN

No: **13** / 03.1-M / VIII / 2020

Perpustakaan Pusat ISTN dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : *Ir. Edy Supriyadi, MT*

Status : Dosen Tetap Pada Prodi Teknik Elektro - Fakultas Teknologi Industri, ISTN

Judul Penelitian:

RANCANG BANGUN ALARM PEDETEKSIAN KEBAKARAN PADA GEDUNG BERTINGKAT MENGGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY BERBASIS MIKROKONTROLER SERTA TERINTEGRASI IoT

Adalah benar hasil penelitian yang tidak dipublikasikan tersebut, telah tersimpan / berada di Perpustakaan Pusat ISTN pada Semester Genap 2019/2020.

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenar-benarnya, dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, Agustus 2020

Kepala Perpustakaan

a.n



Copy: Arsip

**RANCANG BANGUN ALARM PENDETEKSI KEBAKARAN PADA
GEDUNG BERTINGKAT MENGGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY
BERBASIS MIKROKONTROLLER SERTA TERINTEGRASI IoT**

LAPORAN PENELITIAN

Disusun Oleh :

Faizal Puji Subagja, ST

Edy Supriyadi, Ir. MT



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN PADA
MASYARAKAT
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
JAKARTA
2020

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN

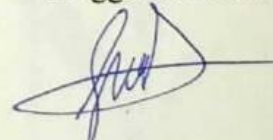
LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN

1. Judul Penelitian : Rancang Bangun Alarm Pendetekan Kebakaran Pada Gedung Bertingkat Menggunakan Metode Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroller Serta Terintegrasi Iot
2. Bidang Ilmu : Teknik Elektro
3. Jumlah Tim Peneliti : 2 Orang
4. Waktu Penelitian : 5 Bulan
5. Ketua Tim Peneliti
- a. Nama (lengkap dengan gelar) : Edy Supriyadi, Ir. MT
 - b. Jenis Kelamin : Laki - Laki
 - c. Jabatan Akademik : Lektor Kepala
 - d. Pangkat Akademik / Gol : IV - A
 - e. Fakultas : Teknologi Industri
 - f. Program Studi : Teknik Elektro S-1
 - g. Bidang Keahlian : Teknik Kendali
- Anggota Tim Peneliti
- a. Nama (lengkap dengan gelar) : Faizal Puji Subagja, ST
 - b. Jenis Kelamin : Laki - Laki
 - c. Fakultas / Prodi : Teknologi Industri / Teknik Elektro S-1
 - d. Perguruan Tinggi : Institut Sains dan Teknologi Nasional
 - e. Bidang Keahlian : Teknik Kendali
6. Lokasi Penelitian : Institut Sains dan Teknologi Nasional
7. No.HP : 0813-8298-1971
Email : faizal_psu@yahoo.co.id
8. Jumlah Dana Penelitian : Rp. 4.300.000,- (Empat Juta Tiga Ratus Ribu Rupiah)

Jakarta, 2 Maret 2020

Ketua Peneliti

Anggota Peneliti



Edy Supriyadi, Ir. MT

Faizal Puji Subagja, ST

NIP. 01.87776

Mengetahui,

Disetujui Oleh:

Dekan Fakultas Teknologi Industri

Ketua Pusat Penelitian LPBM ISTN

Rifki Darmawan, Ir.SM

NIP. 01.93878



M. Fadhli Abdillah, ST. MT

NIP. 01.181461

ABSTRAK

Seperti kita ketahui kebakaran merupakan hal yang sangat merugikan, khususnya bagi manusia. Begitu banyak penyebab dan dampak yang diakibatkan oleh kebakaran yang terjadi, mulai dari kehilangan harta benda bahkan nyawa. Ketika terjadi kebakaran terkadang pemadam kebakaran terlambat datang ke lokasi terjadinya kebakaran dikarenakan beberapa faktor. Tujuan dari laporan penelitian ini adalah sebagai tindakan pertama untuk meminimalisir penyebaran titik api kebakaran, disaat ketika pemadam kebakaran belum sampai menuju lokasi terjadinya kebakaran dan memberikan pemberitahuan secara *real time* menuju departemen pemadam kebakaran Via IoT. Sistem ini bekerja menggunakan metode logika fuzzy untuk mengukur kondisi asap dan suhu ruangan, dimana output dari proses logika fuzzy tersebut adalah kecepatan putaran kipas exhaust. Serta sensor api akan mendeteksi api pada ruangan jika terdeteksi api, pompa akan aktif untuk memadamkan api pada ruangan tersebut serta secara bersamaan akan mengirimkan data dan status kebakaran menuju webserver. Berdasarkan hasil pengujian sistem ini, waktu pengiriman data dari mikrokontroler menuju webserver memerlukan waktu kurang lebih selama 2 detik.

Kata Kunci : Matlab, Logika Fuzzy, Sugeno, *Internet of Things*, *Arduino Mega Built-in ESP8266*

ABSTRACT

As we know the fire disaster is a very detrimental thing, especially for humans. So many causes and effects are caused by fires that occur, ranging from loss of property even life. When the fire disaster appear, sometimes firefighters arrive late to the location due to several factors. The purpose of this thesis is as the first act to minimize the spread of fire spots, when the firefighters has not arrived yet and this prototype will provide notification of status and address of the building in a Real time to the Web server of the Fire department Via IoT. The system works using the Fuzzy logic method to measure smoke and room temperature conditions, where the output of the Fuzzy logic process is the rotation speed of exhaust fan and than the fire sensor will detect fire rays in the room, if the sensors detecting fire, water pump will be active to extinguish fire in the room and in the same time microcontroller will transmit data and rooms status Via Wi – Fi ESP8266 to the Web server. Based on the test results of this system, the length of time of data transmission from microcontroller to the webservice takes approximately 2 seconds.

Keyword : *Matlab, Fuzzy Logic, Sugeno Method, Internet of Things, Arduino Mega Built-in ESP8266*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmt dan karunia – Nya penulis dapat menyelesaikan proyek akhir ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa terlimpah curahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, serta kepada umatnya hingga akhir zaman, amin.

Penelitian ini merupakan salah satu tugas dalam menjalankan Tri Darma Perguruan Tinggi dan suatu kewajiban yang harus dilaksanakan sebagai dosen di lingkungan Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri ISTN.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektro ISTN, untuk semester ganjil 2019 – 2020 dimulai bulan Oktober 2019 sampai bulan Februari 2020 dengan judul “RANCANG BANGUN ALARM PENDETEKSI KEBAKARAN PADA GEDUNG BERTINGKAT MENGGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY BERBASIS MIKROKONTROLLER SERTA TERINTEGRASI IoT”.

Pada kesempatan kali ini para peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik dalam pelaksanaan, fasilitas serta dana sehingga penelitian dapat berjalan dengan baik.

Semoga hasil penelitian ini berguna untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang sistem kendali

Jakarta, 3 Maret 2020

Para Peneliti,

Edy Supriyadi, Ir. MT

Faizal Puji Subagja

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pokok Permasalahan.....	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Sistematika Penulisan	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Prinsip kerja pemadam kebakaran	4
2.2 Sistem Kendali.....	4
2.3 Logika Fuzzy	5
2.3.1 Himpunan Fuzzy	6
2.3.2 Fungsi Keanggotaan	7
2.3.3 Operator Logika Fuzzy.....	10
2.3.4 Cara Kerja Kontrol Logika Fuzzy	11
2.3.4.1 Fuzzyfikasi	12
2.3.4.2 Aturan dasar Logika Fuzzy	12
2.3.4.3 Mesin Penalaran Kontrol Logika Fuzzy (Inference Engine)..	13
2.3.4.4 Defuzzyfikasi.....	13
2.3.5 <i>Fuzzy Inference System</i>	13
2.3.6 Metode Mamdani.....	13
2.4 Metode Sugeno	17
2.5 MATLAB 2014a	18

2.4.1	MATLAB TOOLBOX : FUZZY	20
2.6	Mikrokontroler	21
2.6.1	Arduino MEGA 2560 With Wi-Fi Built-in ESP8266	22
2.7	Catu Daya	23
2.8	Driver Motor L289N dan BTS7900	24
2.9	Sensor Gas MQ-2	25
2.10	Sensor Api KY-026	28
2.11	Motor DC.....	28
2.12	LED (<i>Light Emiting Diode</i>).....	29
2.13	<i>Solenoid Valve</i>	29
2.14	Pompa Air DC	30
2.15	Sensor Suhu LM35	30
2.16	IoT (<i>Internet of Things</i>).....	31
2.17	MQTT (<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>)	32
2.18	HiveMQ.....	32
2.19	Fred Node – RED	33
III.	PERANCANGAN ALAT	34
3.1	Perancangan Sistem Pendeteksi Kebakaran Pada Gedung ter-Integrasi IoT	34
3.2	Prinsip Kerja Sistem Pendeteksi Api.....	34
3.3	<i>Flowchart</i>	36
3.4	Perancangan Bentuk Pendeteksi Kebakaran pada Gedung	41
3.4.1	Perancangan Prototype Gedung Bertingkat.....	42
3.5	Perancangan Perangkat Keras	42
3.5.1	Rangkaian <i>Power Supply</i>	43
3.5.2	Rangkaian Arduino Mega 2560 Built-in WiFi- ESP 8266.....	43
3.5.3	Rangkaian Sistem Minimum Atmega 2560 Dengan Sensor Asap MQ-2	45
3.5.4	Rangkaian Sistem Minimum Atmega 2560 Dengan Sensor Suhu LM35	45
3.5.5	Rangkaian Sistem Minimum Atmega 2560 Dengan Sensor Api KY-026.....	46

3.5.6	Rangkaian Sistem Minimum Atmega 2560 Dengan LED(<i>Light Emitting Diode</i>)	46
3.5.7	Rangkaian Sistem Minimum Atmega 2560 Dengan Motor DC (Kipas Exhaust dan Pompa Air)	47
3.5.8	Rangkaian Sistem Minimum Atmega 2560 Dengan Selenoid Valve	47
3.5.9	Skematik Rangkaian Keseluruhan.....	48
3.6	Sistem Informatika	48
3.6.1	Desain Halaman WEB.....	49
3.7	Perancangan Logika Fuzzy Pendeteksi Kebakaran Gedung	49
3.7.1	Proses Fuzzyfikasi	49
3.7.2	Proses Inferensi	50
3.7.3	Proses Defuzzyfikasi	51
IV.	PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA	55
4.1	Pengujian Catu Daya	55
4.2	Pengujian Sensor MQ-2	57
4.3	Pengujian Sensor LM35	58
4.4	Pengujian Sensor KY-026	59
4.5	Pengujian Kecepatan Motor DC.....	61
4.6	Pengujian Fuzzy Kecepatan	61
4.7	Pengujian Deteksi Api dan Aktivasi Pompa	62
4.8	Pengujian Pengiriman Data Via IoT.....	63
V.	KESIMPULAN	
5.1	Kesimpulan.....	64
	DAFTAR PUSTAKA.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Blok diagram sistem kendali loop terbuka	4
Gambar 2.2	Blok diagram sistem kendali loop tertutup.....	5
Gambar 2.3	Representasi Linear Naik	8
Gambar 2.4	Representasi Linear Turun.	8
Gambar 2.5	Representasi Kurva Segitiga.....	9
Gambar 2.6	Representasi Kurva Trapesium.....	9
Gambar 2.7	Representasi Kurva Bahu.	10
Gambar 2.8	Diagram blok kontrol logika fuzzy.....	11
Gambar 2.9	Kerangka kerja kontrol logika fuzzy.	12
Gambar 2.10	Fungsi implikasi min pada 2 fungsi keanggotaan.	12
Gambar 2.11	Fungsi implikasi dot pada 2 fungsi keanggotaan.	13
Gambar 2.12	Metode komposisi MIN-MAX Mamdani.	15
Gambar 2.13	Daerah defuzzyfikasi.....	16
Gambar 2.14	Tampilan awal program MATLAB.	19
Gambar 2.15	Gambaran secara keseluruhan fitur dari program MATLAB	20
Gambar 2.16	<i>Fuzzy Inference System</i>	21
Gambar 2.17	Arduino Mega 2560 with Wi-Fi Build-in ESP8266	22
Gambar 2.18	<i>Power Supply Switching</i> 12V 40A.....	24
Gambar 2.19	Driver Motor L298N (b) & Skematik Driver Motor L298N (a).	25
Gambar 2.20	Sensor Asap MQ-2 (kiri) dan Simbol Sensor Asap MQ-2 (kanan)	25
Gambar 2.21	Grafik perbandingan RS/R0.....	26
Gambar 2.22	Grafik linear sensor MQ-2	27
Gambar 2.23	Modul sensor api (kiri) dan simbol photodiode pada sensor api (kanan).....	28
Gambar 2.24	Motor DC 12 Volt	29
Gambar 2.25	LED (Light Emiting Diode)	29
Gambar 2.26	<i>Solenoid Valve</i>	30
Gambar 2.27	Pompa Air.....	30
Gambar 2.28	Sensor suhu LM35 dan rangkaian modul sensor LM35.....	31
Gambar 2.29	Skema <i>publish subscribe</i> pada prinsip Protokol MQTT	32

Gambar 2.30 Tampilan <i>dashboard</i> HiveMQ MQTT broker	33
Gambar 2.31 Tampilan Fred Node – RED	33
Gambar 3.1 Diagram Blok Perangkat keras pendeteksi kebakaran	35
Gambar 3.2 Flowchart keseluruhan sistem pendeteksi kebakaran gedung bertingkat terintegrasi IoT	38
Gambar 3.3 <i>Flowchart Sub – Process</i> Logika Fuzzy.....	39
Gambar 3.4 <i>Flowchart Sub – process</i> pendeteksian ada tidak nya api.....	40
Gambar 3.5 <i>Flowchart Sub – process</i> deteksi api ruangan	41
Gambar 3.6 Desain perancangan Gedung bertingkat.....	42
Gambar 3.7 Skematik rangkaian sistem minimum ATmega 2560 dengan sensor MQ-2	45
Gambar 3.8 Rangkaian sistem minimum ATmega2560 dengan sensor LM35	45
Gambar 3.9 Rangkaian sistem minimum ATmega2560 dengan KY-026	46
Gambar 3.10 Rangkaian sistem minimum ATmega 2560 dengan LED	46
Gambar 3.11 Rangkaian sistem minimum ATmega 2560 dengan motor DC ..	47
Gambar 3.12 Rangkaian sistem minimum ATmega 2560 dengan solenoid Valve	47
Gambar 3.13 Skema Tahapan Penggunaan WEB Interface.....	48
Gambar 3.14 Fungsi keanggotaan fuzzy suhu ruangan.....	49
Gambar 3.15 Fungsi keanggotaan fuzzy asap ruangan	50
Gambar 3.16 Fungsi keanggotaan pada fuzzy Kecepatan Kipas Exhaust	51
Gambar 3.17 Nilai derajat keanggotaan pada fuzzy suhu	52
Gambar 3.18 Nilai derajat keanggotaan pada fuzzy kepekatan asap	52
Gambar 3.19 Hasil penentuan daerah keanggotaan α_1 dan α_2	53
Gambar 3.20 Hasil defuzzyfikasi SUHU [30] dan GAS[3400]	54
Gambar 4.1 Pengujian Output Catu daya.....	55
Gambar 4.2 Grafik pengujian power supply	56
Gambar 4.3 Pengujian sensor menggunakan menggunakan Asap.....	57
Gambar 4.4 Pengujian sensor LM35.....	58
Gambar 4.5 Grafik pengujian sensor LM35.....	59
Gambar 4.6 Pengujian Sensor KY-026	60

Gambar 4.7	Pengujian Kecepatan Motor DC.....	61
Gambar 4.8	Notifikasi telah terhubung dengan HiveMQ Broker	63
Gambar 4.9	Notifikasi data berhasil dikirimkan	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi Arduino Mega With Wi-Fi Built in ESP8266	22
Tabel 2.2	Rasio Rs/R0 terhadap asap	27
Tabel 3.1	Koneksi pin – pin mikrokontroler.	44
Tabel 3.2	Nilai untuk tabel lingusitik suhu ruangan.....	50
Tabel 3.3	Nilai untuk tabel lingusitik Kepadatan asap ruangan	50
Tabel 3.4	Fuzzy Associative Memory (FAM) Kipas Exhaust	50
Tabel 3.5	Nilai Label linguistik kecepatan kipas exhaust berdasarkan nilai PWM	51
Tabel 4.1	Pengujian tegangan output Power Supply 12V dan IC stepdown LM2596	56
Tabel 4.2	Hasil Pengujian sensor Gas MQ-2	58
Tabel 4.3	Pengujian sensor suhu LM35	59
Tabel 4.4	Tabel Pengujian Sensor api KY-026	60
Tabel 4.5	Pengujian kecepatan Motor DC.....	61
Tabel 4.6	<i>Rules</i> Fuzzy Prototype pendeteksi kebakaran	62
Tabel 4.7	Pengujian Fuzzy Kecepatan	62
Tabel 4.8	Pengujian Pendeteksian Api	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seperti kita ketahui kebakaran merupakan hal yang sangat merugikan, khususnya bagi manusia. Begitu banyak penyebab dan dampak yang diakibatkan oleh kebakaran yang terjadi, mulai dari kehilangan harta bahkan nyawa. Selama ini, ketika terjadi kebakaran pada sebuah gedung biasanya unit pemadam kebakaran akan dihubungi. Namun terkadang pemadam tersebut sampai di lokasi ketika kebakaran semakin besar. Beberapa faktor memang menjadi kendala pemadam seperti jarak tempuh yang jauh ke lokasi, maka dari itu diperlukan suatu sistem yang dapat meminimalisir kebakaran agar tidak semakin meluas.

Seiring dengan perkembangan teknologi sistem keamanan dalam suatu gedung menjadi semakin berkembang dan semakin modern terutama sistem keamanan dalam mendeteksi kebakaran, sistem pendeteksi kebakaran pada suatu gedung adalah hal yang sangat vital, dikarenakan sistem ini akan secara otomatis mendeteksi kebakaran pada ruangan serta secara langsung akan menjalankan proses untuk memadamkan api sebagai tindakan pertama agar api titik api tidak tersebar luas, serta secara otomatis akan memberikan pemberitahuan ke portal website departemen pemadam kebakaran bahwa telah terjadi kebakaran.

Maka dari itu diperlukan solusi untuk mengatasinya yaitu dengan sistem yang dapat memberi peringatan terlebih dahulu terhadap yang bersangkutan ketika terjadi kebakaran, sehingga kerugian akibat kebakaran yang ditimbulkan dapat diminimalisir. Sistem tersebut berupa “RANCANG BANGUN ALARM PENDETEKSI KEBAKARAN PADA GEDUNG BERTINGKAT MENGGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY BERBASIS MIKROKONTROLLER SERTA TERINTEGRASI IoT”.

1.2 Pokok Permasalahan

Pokok pembahasan yang akan di tinjau dalam Laporan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Merancang dan membangun alat atau *prototype* Pendeteksi Kebakaran menggunakan Mikrontroller serta menggunakan metode logika fuzzy untuk mendeteksi kebakaran

- b. Mengotomasi proses untuk meminimalisasi dampak dari kebakaran
- c. Menggunakan IoT untuk proses monitoring terjadinya kebakaran

1.4 Batasan Masalah

Pada laporan penelitian ini masalah yang akan dibatasi adalah:

- a. Penulis hanya membahas tentang proses pendeteksi kebakaran terintegrasi IoT sebagai pemberitahuan kebakaran ke tempat yang berbeda.
- b. Sensor yang digunakan pada prototype ini menggunakan LM35 sebagai sensor suhu, KY-026 sebagai sensor api, dan MQ-2 sebagai sensor asap.
- c. Alat ini merupakan prototype sistem pendeteksi kebakaran pada gedung bertingkat berbasis mikrokontroller arduino dengan menggunakan metode logika fuzzy Sugeno.
- d. Fokus utama pada sistem ini adalah untuk mendeteksi kebakaran pada sebuah gedung serta pemberitahuan lokasi kebakaran via IoT menuju departemen pemadam kebakaran.
- e. Prototype menggunakan jaringan internet yang berasal dari *hotspot sharing android*.
- f. Koneksi internet yang digunakan untuk menghubungkan esp8266 dengan webserver berasal dari jaringan provider mobile Telkomsel.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran mengenai laporan penelitian ini secara singkat, maka penulis menyusun sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan : Bab ini merupakan pendahuluan yang berisikan tentang latar belakang masalah, tujuan penulisan, rumusan masalah, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan dari ini. BAB II Tinjauan Pustaka : Pada bab ini akan menjelaskan tentang teori dasar mengenai teori dasar pemadaman kebakaran, mikrokontroller, sensor gas, sensor api, led, pipa selenoid, pompa air, komponen pendukung pada prototype lainnya serta fuzzyfikasi, fungsi keanggotaan fuzzy, penentuan aturan fuzzy serta analisa dan teori fuzzy lainnya. BAB III Perancangan Alat : Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan pendeteksi kebakaran kendali logika fuzzy serta terintegrasi IoT sehingga secara jelas dapat digambarkan proses pendeteksi kebakaran serta monitoringnya. BAB IV Pengujian

Sistem dan Analisa : Pada bab ini dijelaskan mengenai hasil pengujian dari sistem pendeteksi kebakaran serta analisa dari hasil pengujian tersebut. BAB V Penutup : Pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang didapat dari pembahasan Laporan penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Prinsip Kerja Pendeteksi Kebakaran

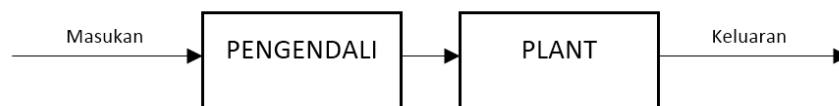
Cara kerja alat pendeteksi kebakaran adalah dengan menangkap sinyal adanya kebakaran melalui asap, panas, serta nyala api, maka alarm tanda peringatan detektor kebakatar akan berbunyi. Alarm tersebut menunjukkan lokasi dimana kebakaran terjadi, sehingga tim pemadam kebakaran langsung bisa menuju lokasi untuk memadamkan api.

Alat detektor kebakaran ini sangat berguna karena bisa memberi tahu kapan dan di mana kebakaran terjadi, sekaligus dapat juga menjadi tanda kepada para penghuni gedung agar pergi segera mungkin menyelamatkan diri. Hal ini akan meminimalisir korban yang terjadi akibat kebakaran. Selain itu, adanya tanda yang diberikan oleh detektor kebakaran bisa dilakukannya tindakan memadamkan api.

2.2 Sistem Kendali

Sistem kendali adalah merupakan bagian dari suatu sistem yang berfungsi untuk mengatur kerja sistem agar selalu bekerja sesuai dengan yang dikehendaki. Jika terjadi penyimpangan, sistem pengaturan tersebut akan mengoreksinya sehingga penyimpangan tersebut dapat dinetralisir (diatasi). Pada umumnya sistem kendali dibagi menjadi dua kelompok yaitu :

- a. Sistem kendali loop terbuka adalah sistem kendali dimana keluaran sistem tidak mempunyai pengaruh terhadap masukan sistem.

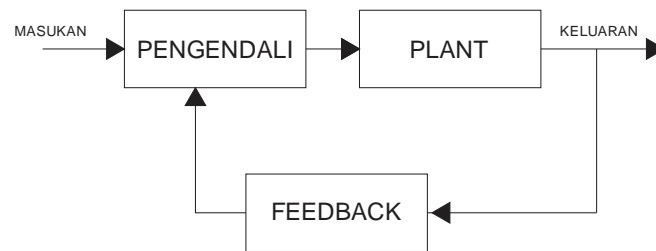


Gambar 2.1 Blok diagram sistem kendali loop terbuka.

Ciri – ciri sistem kendali loop terbuka :

- Kinerja sistem pengaturan praktis dan sederhana.
- Biasanya proses (plant) yang dikendalikan sudah diketahui lama proses pengendaliannya.

- Tidak mampu mengkompensasi gangguan yang masuk ke dalam sistem, karena tidak ada satupun komponen dalam sistem yang berfungsi untuk melaporkan adanya gangguan tersebut.
- b. Sistem kendali loop tertutup adalah sistem kendali dimana keluaran sistem mempunyai pengaruh terhadap masukan sistem.



Gambar 2.2 Blok diagram sistem kendali loop tertutup.

Ciri – ciri sistem kendali loop tertutup :

- Menggunakan catu balik (*feedback*).
- Keluaran selalu dibandingkan dengan masukan. Jika ada perbedaan maka akan timbul kesalahan (*error*).
- Kesalahan tersebut dijadikan sebagai signal penggerak (*actuator*) yang akan menggerakkan pengendali (*controller*) sehingga dapat menghilangkan atau meminimalkan perbedaan antara keluaran dan masukan sistem.
- Mempunyai tingkat ketepatan yang lebih tinggi.
- Tidak peka terhadap gangguan dan perubahan lingkungan

2.3 Logika Fuzzy

Fuzzy secara bahasa dapat diartikan samar, dengan kata lain logika fuzzy adalah logika yang samar. Dimana pada logika fuzzy suatu nilai dapat bernilai 'true' dan 'false' secara bersamaan. Tingkat 'true' atau 'false' nilai dalam logika fuzzy tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Logika fuzzy memiliki derajat keanggotaan rentang antara 0 hingga 1, berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua keanggotaan 0 atau 1 saja pada satu waktu. Logika fuzzy sering digunakan untuk mengekspresikan suatu nilai yang diterjemahkan dalam bahasa (*linguistic*), semisal untuk mengekspresikan suhu dalam ruangan apakah ruangan tersebut dingin, hangat, atau panas.

Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input dalam suatu ruang output dan memiliki nilai yang berlanjut. Kelebihan logika fuzzy ada pada kemampuan penalaran secara bahasa. Sehingga, dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematis yang kompleks dari objek yang akan dikendalikan.

Sistem kendali fuzzy banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena memiliki beberapa kelebihan diantaranya,

- a. sistem kendali fuzzy memiliki sifat yang lebih kokoh dibandingkan sistem kendali PID karena memiliki daerah kerja yang lebih luas dan lebih tahan terhadap derau dan gangguan.
- b. sistem kendali fuzzy mudah dimodifikasi karena menggunakan aturan-aturan yang menggambarkan strategi operator dengan bahasa alamiah.
- c. suatu hal yang cukup mudah untuk memahami bagaimana sistem kendali fuzzy bekerja, bagaimana merancanginya, dan bagaimana mengaplikasikannya.

2.3.1 Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy adalah bentuk umum dari himpunan biasa yang memiliki tingkat keanggotaan dari tiap – tiap elemen yang dibatasi dengan interval $[0,1]$ oleh karena itu, fungsi keanggotaan himpunan fuzzy memetakan setiap elemen dari semesta dalam batas ruang yang dalam kebanyakan kasus diasumsikan sebagai unit interval.

Perbedaan antara himpunan *crisp* dan himpunan fuzzy adalah himpunan *crisp* nilai keanggotaannya hanya ada 2 kemungkinan yaitu 0 dan 1, pada himpunan fuzzy nilai keanggotaannya terletak pada rentang 0 sampai 1. Apabila x memiliki nilai keanggotaan fuzzy $\mu_A[x] = 0$ berarti x tidak menjadi anggota himpunan A , demikian pula apabila x memiliki nilai keanggotaan fuzzy $\mu_A[x] = 1$ berarti x menjadi anggota penuh himpunan A .

Himpunan fuzzy memiliki 2 atribut yaitu :

- a. Linguistik

Yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti : MUDA, PAROBAYA, TUA.

b. Numeris

Yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti : 40, 25, 50, dan sebagainya.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy, yaitu :

- Variabel fuzzy

Merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem fuzzy. Contoh : umur, temperatur, permintaan, dan sebagainya.
- Himpunan fuzzy

Merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy. Contoh : Variabel umur, terbagi menjadi 3 himpunan fuzzy yaitu : MUDA, PAROBAYA dan TUA.
- Semesta Pembicaraan

Adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.
- Domain

Adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

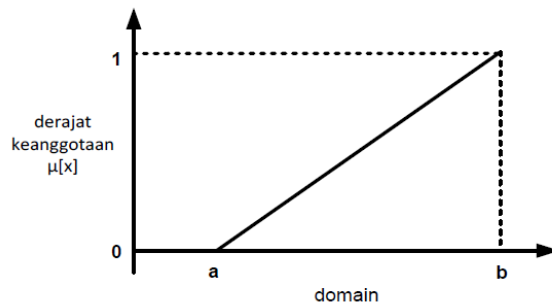
2.3.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*Membership Function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik – titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan.

a. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas.

Ada 2 keadaan himpunan fuzzy yang linear. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi seperti pada gambar 2.6.

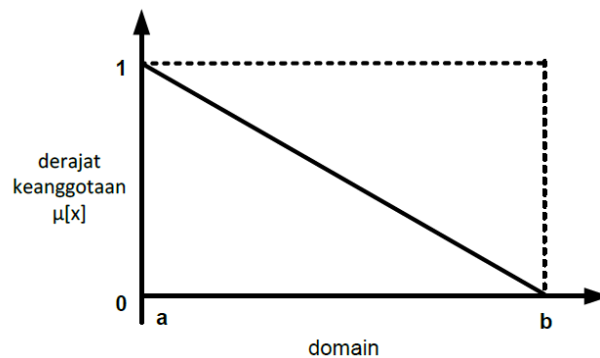


Gambar 2.3 Representasi Linear Naik.

Persamaan fungsi keanggotaan linear naik :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

Kedua, merupakan kebalikan yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah seperti pada gambar 2.7.



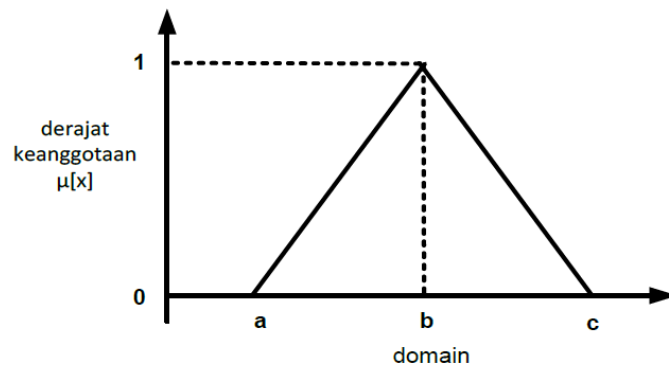
Gambar 2.4 Representasi Linear Turun.

Persamaan fungsi keanggotaan linear turun :

$$\mu[x] = \begin{cases} (b-x)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 0 & x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear) seperti terlihat pada gambar 2.5



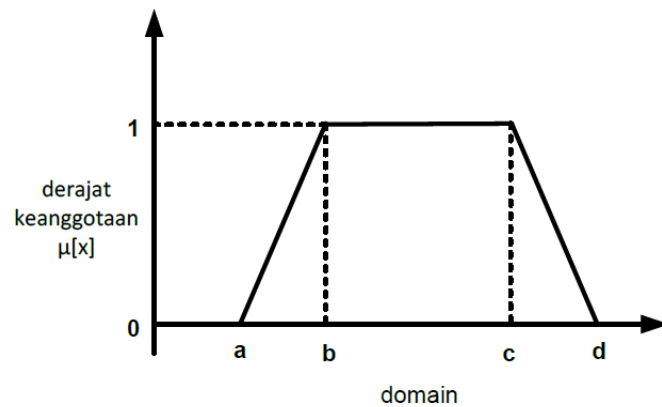
Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga.

Persamaan fungsi keanggotaan segitiga :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b); & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.3)$$

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 seperti pada gambar 2.6.



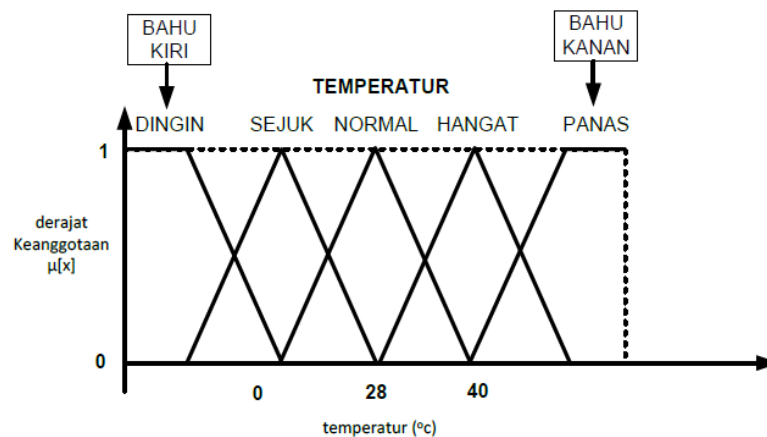
Gambar 2.6 Representasi Kurva Trapesium.

Persamaan fungsi keanggotaan trapesium :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d - x)/(d - c); & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2.4)$$

d. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang dipresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun (misalkan : DINGIN bergerak ke SEJUK bergerak ke HANGAT dan bergerak ke PANAS). Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Sebagai contoh, apabila telah mencapai kondisi PANAS, kenaikan temperatur akan tetap berada pada kondisi PANAS. Himpunan fuzzy 'bahu', bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel dari suatu daerah fuzzy. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Gambar 2.7 menunjukkan variabel TEMPERATUR dengan daerah bahunya.



Gambar 2.7 Representasi Kurva Bahu.

2.3.3 Operator Logika Fuzzy

Seperti halnya himpunan konvensional, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal

dengan nama *fire strength* atau α -predikat. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu :

a. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interaksi pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan – himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (2.5)$$

b. Operator OR

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan – himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (2.9)$$

c. Operator NOT

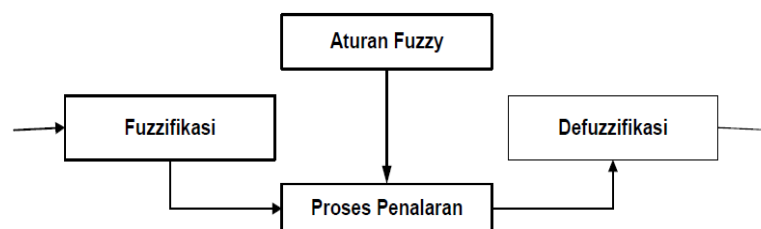
Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A(x) \quad (2.10)$$

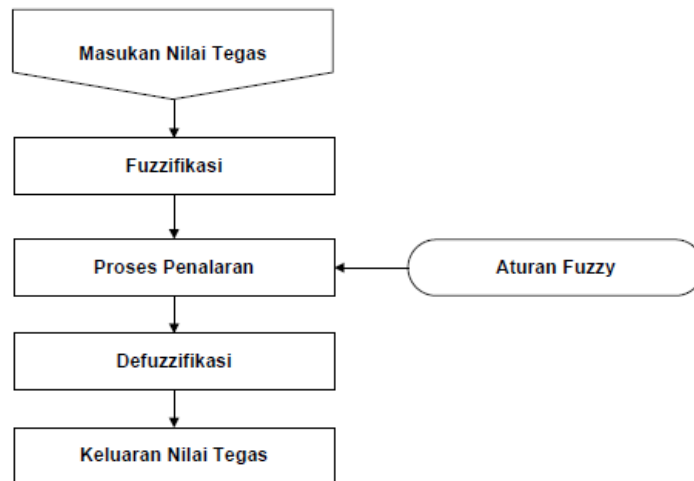
2.3.4 Cara Kerja Kontrol Logika Fuzzy

Dalam sistem kontrol logika fuzzy terdapat beberapa tahapan operasional meliputi

- a. Fuzzifikasi
- b. Mesin Penalaran (*Inference Engine*)
- c. Aturan Fuzzy (*Fuzzy Rule*)
- d. Defuzzifikasi



Gambar 2.8 Diagram blok kontrol logika fuzzy.



Gambar 2.9 Kerangka kerja kontrol logika fuzzy.

2.3.4.1 Fuzzifikasi

Yaitu suatu proses untuk mengubah suatu masukan dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi fuzzy (variabel linguistik) yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan – himpunan fuzzy dengan suatu fungsi keanggotaannya masing – masing.

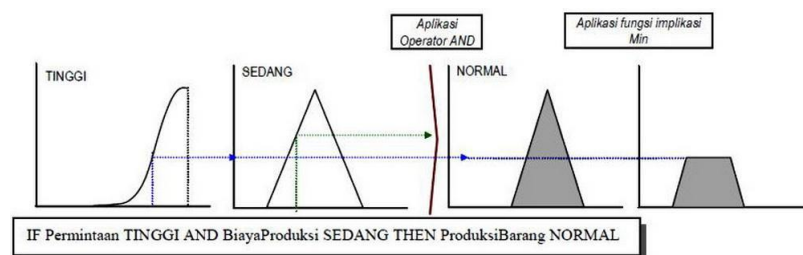
2.3.4.2 Aturan Dasar Logika Fuzzy

Aturan dasar (*rule based*) pada kontrol logika fuzzy merupakan suatu bentuk aturan relasi “Jika – Maka” atau “If – Then” seperti berikut ini :

If (X₁ is A₁)* (X₂ is A₂)* *(X_n is A_n) then Y is B dimana A dan B adalah *linguistic values* yang didefinisikan dalam rentang variabel X dan Y. Pernyataan “X is A” disebut *antecedent* atau kondisi. Pernyataan “Y is B” disebut *consequent* atau kesimpulan dengan * adalah operator (misal : *OR* atau *AND*). Secara umum, ada 2 fungsi implikasi yang dapat digunakan, yaitu :

a. *Min (minimum)*

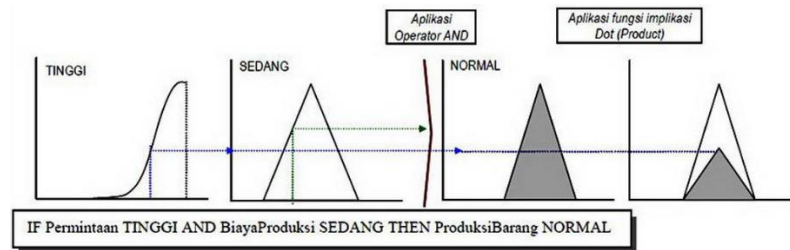
Fungsi ini akan memotong output himpunan fuzzy. Gambar 2.10 menunjukkan salah satu contoh penggunaan fungsi *min*.



Gambar 2.10 Fungsi implikasi *min* pada 2 fungsi keanggotaan.

b. *Dot (product)*

Fungsi ini akan menskala output himpunan fuzzy. Gambar 2.11 menunjukkan salah satu penggunaan *dot*.



Gambar 2.11 Fungsi implikasi *dot* pada 2 fungsi keanggotaan.

2.3.4.3 Mesin Penalaran Kontrol Logika Fuzzy (*Inference Engine*)

Mesin penalaran (*Inference Engine*) adalah proses implikasi dalam menalar nilai masukan guna penentuan nilai keluar sebagai bentuk pengambil keputusan.

2.3.4.4 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses pemetaan himpunan fuzzy kemampuan tegas (*crisp*) proses ini merupakan kebalikan dari proses fuzzifikasi.

2.3.5 *Fuzzy Inference System*

Sistem penalaran adalah proses implikasi dalam menalar nilai masukan guna penentuan nilai keluaran sebagai bentuk pengambil keputusan. Salah satu model penalaran yang banyak digunakan adalah penalaran *min-max*. Dalam penalaran ini, proses yang harus dilakukan pertama kali ialah melakukan operasi *min* dari sinyal keluaran fuzzifikasi dan dilanjutkan dengan operasi *max* untuk mencari nilai keluaran yang berikutnya akan didefuzzifikasikan sebagai bentuk keluaran. Terdapat beberapa model FIS (*Fuzzy Inference System*) untuk mengolah keluaran logika fuzzifikasi menjadi sebuah aturan maupun pengolahan saat defuzzifikasi. Dalam logika fuzzy tersedia beberapa jenis FIS diantaranya adalah Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto.

2.3.6 Metode Mamdani

Metode Mamdani sering dikenal dengan metode *MIN-MAX*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan yaitu :

a. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Pada metode ini, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

b. Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada metode ini fungsi implikasi yang digunakan adalah implikasi *MIN*. Fungsi ini akan memotong output himpunan fuzzy yang paling kecil keluarannya.

c. Komposisi Aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam menggunakan inferensi sistem fuzzy, yaitu : *max*, *additive*, *probabilistic*.

- Metode *maximum* (MAX)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (*union*). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap – tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan :

$$\mu_{sf}(x_i) = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \quad (2.11)$$

dengan :

$\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i.

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuensi fuzzy sampai aturan ke-i.

Misalkan ada 3 aturan (proposisi) sebagai berikut :

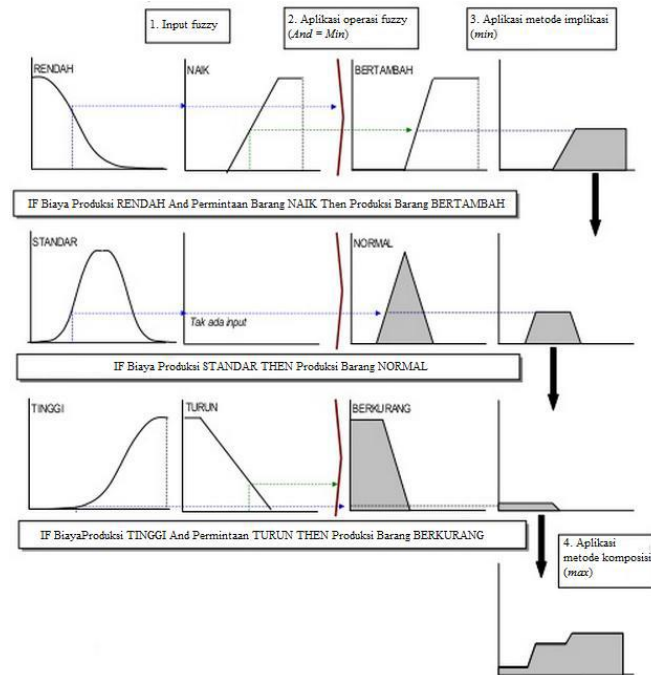
[R1] IF Biaya Produksi RENDAH AND Permintaan NAIK THEN Produksi Barang BERTAMBAH.

[R2] IF Biaya Produksi STANDAR THEN Produksi Barang NORMAL.

[R3] IF Biaya Produksi TINGGI AND Permintaan TURUN THEN Produksi Barang BERKURANG.

Proses inferensi dengan menggunakan metode *MAX* dalam melakukan komposisi aturan seperti terlihat pada gambar 2.12. Apabila digunakan fungsi

implikasi *MIN*, maka metode komposisi ini sering disebut dengan *MIN-MAX* atau Mamdani.



Gambar 2.12 Metode komposisi *MIN-MAX* Mamdani.

- Metode *additive* (SUM)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan :

$$\mu_{sf}(x_i) = \min(1, \mu_{sf}(x_i) + \mu_{kf}(x_i)) \quad (2.12)$$

dengan :

$\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i.

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuensi fuzzy sampai aturan ke-i.

- Metode *probor* (probabilistik OR)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan :

$$\mu_{sf}(x_i) = \left((\mu_{sf}(x_i) + \mu_{kf}(x_i)) - (\mu_{sf}(x_i) * \mu_{kf}(x_i)) \right) \quad (2.13)$$

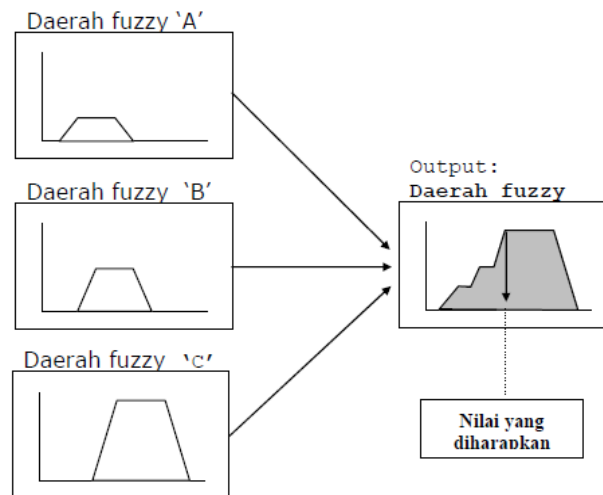
dengan :

$\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i.

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuensi fuzzy sampai aturan ke-i.

d. Penegasan (defuzzyfikasi)

Input dari proses defuzzyfikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan – aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam jarak tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai batasan tertentu sebagai output seperti terlihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Daerah defuzzyfikasi.

Ada beberapa metode defuzzyfikasi pada komposisi aturan Mamdani, antara lain :

- Metode *Centroid (composite moment)*

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan;

Untuk variabel kontinyu

$$z^* = \frac{\int_a^b \mu(x) \cdot x dx}{\int_a^b \mu(x) dx} \quad (2.14)$$

Untuk variabel diskrit

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n x_j \cdot \mu(x_j) \cdot x dx}{\sum_{j=1}^n \mu(x_j)} \quad (2.15)$$

- Metode Biseksi

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy.

- Metode *Mean of Maximum* (MOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

- Metode *Largest of Maximum* (LOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

- Metode *Smallest of Maximum* (SOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.4 Metode Sugeno

Penalaran dengan metode Sugeno hampir sama dengan penalaran Mamdani, hanya saja output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan Fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Michio Sugeno mengusulkan penggunaan singleton sebagai fungsi keanggotaan dari konsekuen. Singleton adalah sebuah himpunan Fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang pada titik tertentu mempunyai sebuah nilai dan 0 di luar titik tersebut. Terdapat 2 model fuzzy dengan metode sugeno yaitu;

a. Model Fuzzy Sugeno Orde-Nol

Secara umum bentuk model Fuzzy Sugeno Orde Nol adalah:

IF $(x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ (x_3 \text{ is } A_3) \circ \dots \circ (x_N \text{ is } A_N)$ THEN $z = k$ dengan A_i adalah himpunan Fuzzy ke- i sebagai antesenden, dan k adalah suatu konstanta sebagai konsekuen.

b. Model Fuzzy Sugeno Orde-Satu

Secara umum bentuk model Fuzzy Sugeno Orde-Satu adalah:

IF $(x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ (x_3 \text{ is } A_3) \circ \dots \circ (x_N \text{ is } A_N)$ THEN $z = p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_N + q$ dengan A_i adalah himpunan Fuzzy ke- i sebagai antesenden, dan p_i adalah suatu konstanta ke- i dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen.

Berdasarkan model Fuzzy tersebut, ada tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam implementasi metode Sugeno yaitu sebagai berikut:

- Pembentukan himpunan Fuzzy

Pada tahapan ini variabel input dari system Fuzzy ditransfer ke dalam himpunan Fuzzy untuk dapat digunakan dalam perhitungan nilai kebenaran dari

premis pada setiap aturan dalam basis pengetahuan. Dengan demikian tahap ini mengambil nilai-nilai tegas dan menentukan derajat di mana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan Fuzzy yang sesuai.

- Aplikasi fungsi implikasi

Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan Fuzzy akan berhubungan dengan suatu relasi Fuzzy. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah sebagai berikut: IF x is A THEN y is B dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan Fuzzy. Proposisi yang mengikuti IF disebut sebagai antesenden sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut konsekuen. Proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operator Fuzzy seperti, IF $(x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ (x_3 \text{ is } A_3) \circ \dots \circ (x_N \text{ is } A_N)$ THEN y is B dengan \circ adalah operator (misal: OR atau AND). Pada metode Sugeno ini, fungsi implikasi yang digunakan adalah fungsi MIN.

c. Defuzzifikasi (Defuzzification)

Defuzzifikasi adalah himpunan Fuzzy yang dihasilkan dari proses komposisi dan output adalah sebuah nilai. Untuk aturan IFTHEN Fuzzy dalam persamaan (k)= IF x_1 is A_{1k} and... and x_n is A_{nk} THEN y is B_k , dimana A_{1k} dan B_k berturut-turut adalah himpunan Fuzzy dalam $U_i R$ (U dan V adalah domain fisik), $i = 1, 2, \dots, n$ dan $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ U dan $y \in V$ berturut-turut adalah variabel input dan output (linguistik) dari sistem Fuzzy. Defuzzifier pada persamaan di atas didefinisikan sebagai suatu pemetaan dari himpunan Fuzzy B ke dalam $V R$ (yang merupakan output dari inferensi Fuzzy) ke titik tegas $y^* \in V$. [2]. Pada metode Sugeno defuzzification dilakukan dengan perhitungan *Weight Average* (WA):

$$WA = \sum \frac{a_n z_n}{a_n} \quad (2.16)$$

Keterangan:

y^* = nilai rata

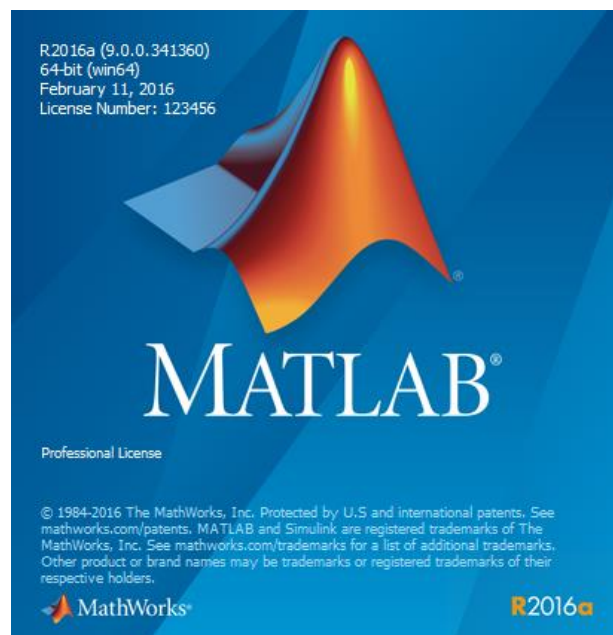
a_n = nilai predikat aturan ke-n

z_n = indeks nilai output (konstanta) ke-n.

2.5 MATLAB 2016a

MATLAB adalah perangkat lunak yang dapat digunakan untuk analisis dan visualiasi data. Matlab didesain untuk mengolah data dengan menggunakan operasi

matriks. Matlab juga mampu untuk menampilkan grafis dan memiliki bahasa pemrograman yang baik. Nama Matlab merupakan singkatan dari MATrix LABoratory. Matlab awalnya dibuat untuk memudahkan dalam mengakses program matriks yang telah dikembangkan oleh LINPACK dan EISPACK. Dalam perkembangannya, Matlab mampu mengintegrasikan beberapa program matriks sebelumnya kedalam satu program untuk komputasi matriks. Tidak hanya itu, Matlab juga mampu melakukan komputasi simbolik yang biasa dilakukan oleh MAPLE.

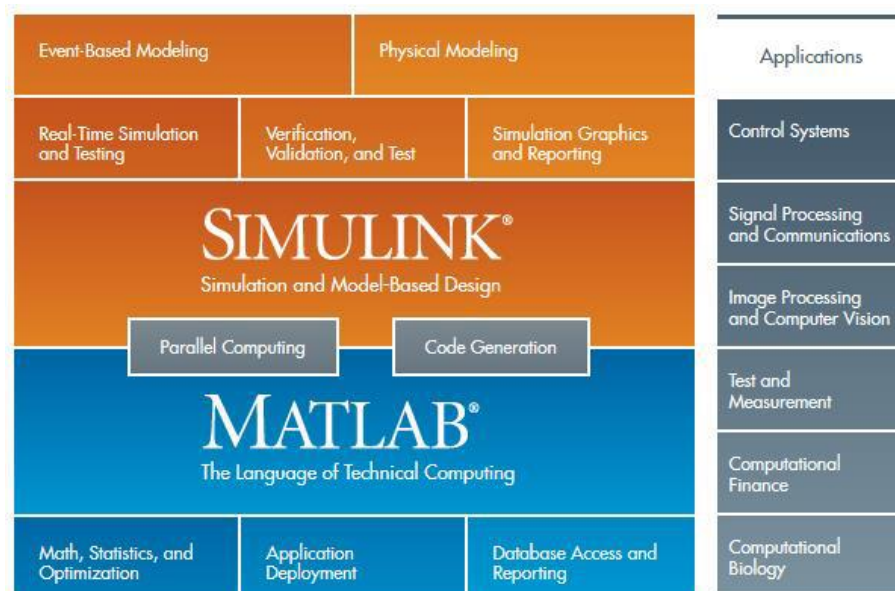


Gambar 2.14 Tampilan awal program MATLAB.

Program Matlab memiliki ruang lingkup kegiatan penggunaan seperti desain matematis, pemodelan sistem matematis, pengolahan data matematis (sinyal, citra dan lain-lain), simulasi baik yang *realtime* maupun tidak, visualisasi 2D dan 3D, dan *tools* analisis dan testing. Karena kemampuan komputasi matematisnya yang tinggi dan *library* program perhitungan yang lengkap, serta *tools* disain dan analisis matematis yang sudah tersedia maka Matlab begitu banyak digunakan di bidang – bidang pendidikan dan riset penelitian (akademis maupun industri) di dunia. Beberapa bidang yang sering menggunakan Matlab sebagai program pembantu diantaranya adalah bidang MIPA (terutama Matematika, Fisika dan Biologi), bidang Teknik (terutama Elektro dan Mesin), lalu bidang Ekonomi dan Bisnis

(terutama untuk pemodelan ekonomi, analisis finansial dan lain-lain). Matlab digunakan mulai dari mengajarkan siswa tentang matriks, grafik fungsi matematik, sistem kendali, pengolahan citra, pengolahan sinyal, sampai dengan memprediksi (*forecasting*) harga saham serta disain persenjataan militer berteknologi tinggi.

Karena kebutuhan yang tinggi terhadap program komputer yang menyediakan *tools* komputasi, pemodelan dan simulasi dengan berbagai fasilitasnya, maka berbagai fitur ditambahkan kepada Matlab dari tahun ke tahun. Matlab kini sudah dilengkapi dengan berbagai fasilitas yaitu Simulink, *Toolbox*, *Blockset*, *Stateflow*, *Real Time Workshop*, *Guide* dan lain-lain. Berikut ini adalah gambaran secara keseluruhan dari produk Matlab.



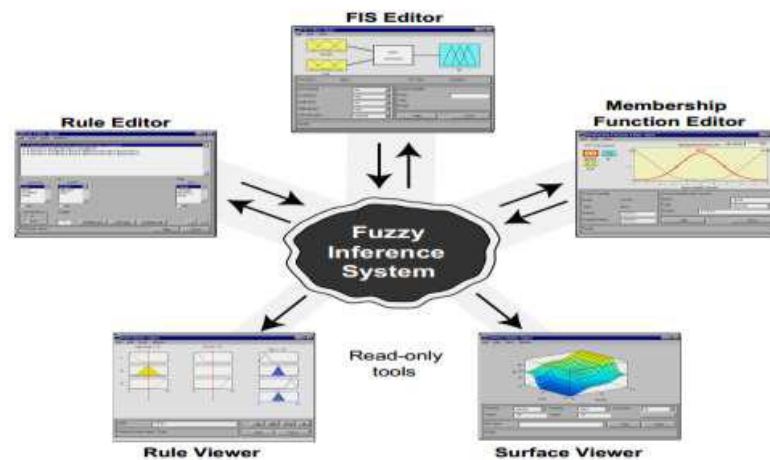
Gambar 2.15 Gambaran secara keseluruhan fitur dari program MATLAB.

2.5.1 MATLAB TOOLBOX : FUZZY

Fuzzy Logic Toolbox memberikan fasilitas *Graphical User Interface* (GUI) untuk mempermudah dalam membangun suatu sistem fuzzy. Ada 5 GUI tools yang dapat digunakan untuk membangun, mengedit dan mengobservasi sistem penalaran fuzzy, yaitu :

- a. Fuzzy Inference System (FIS) Editor
- b. Membership Function Editor
- c. Rule Editor

- d. Rule Viewer
- e. Surface Viewer



Gambar 2.16 *Fuzzy Inference System.*

FIS editor berisi tentang penentuan variabel fuzzy input dan output yang akan digunakan dalam penelitian. Penentuan fungsi keanggotaan serta *range* himpunan fuzzy dapat diterapkan pada tahapan *Membership Function Editor*. Aturan fuzzy dibangun menggunakan *rule editor* yang berdasarkan jumlah himpunan fuzzy. Hasil rancang bangun *fuzzy inference system* akan ditampilkan dalam dua data yaitu dalam *surface viewer* dan *rule viewer*.

2.6 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program, dan terdiri dari CPU (Central Processing Unit), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti Analog-to-Digital Converter (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya.

Salah satu jenis mikrokontroler adalah arduino, Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *Wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardware-nya memiliki prosesor Atmel AVR dan software-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri.

Arduino juga merupakan *platform* hardware terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan hardware dan software yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang

memiliki kemiripan syntax dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema hardware arduino dan membangunnya.

Arduino menggunakan keluarga mikrokontroler ATmega yang dirilis oleh Atmel sebagai basis, namun ada individu/perusahaan yang membuat *clone* arduino dengan menggunakan mikrokontroler lain dan tetap kompatibel dengan arduino pada level hardware. Untuk fleksibilitas, program dimasukkan melalui *bootloader* meskipun ada opsi untuk mem-*bypass bootloader* dan menggunakan *downloader* untuk memprogram mikrokontroler secara langsung melalui port ISP.

2.6.1 Arduino MEGA 2560 With Wi-Fi Built-in ESP8266

Arduino MEGA 2560 adalah contoh dari papan mikrokontroler berbasis Atmega 2560, berbeda dengan board arduino MEGA 2560 biasanya, pada papan mikrokontroler ini sudah tertanam IC modul Wi-Fi ESP8266 yang sudah terpasang menjadi satu kesatuan pada papan arduino. Arduino ini memiliki 54 pin digital input / output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (portserial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, *jack power*, header ICSP, *Pigtail Connector*, dan DIP *switch*. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau *power* dihubungkan dengan adaptor AC – DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Versi arduino ini adalah hasil modifikasi dari arduino MEGA 2560 yang di rancang dan dibuat oleh perusahaan **RobotDyn.**)



Gambar 2.17 Arduino Mega 2560 with Wi-Fi Build-in ESP8266

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega *With Wi-Fi Built in ESP8266*

Spesifikasi	Keterangan
Mikrokontroller	ATmega2560
Spesifikasi	Keterangan
IC Wi-Fi	ESP8266
USB-TTL converter	CH340G
Power Out	5V-800mA
Power IN. USB	5V (500mA max.)
Power IN. VIN/DC Jack	9-24V
Power Consumption	5V 800mA
Logic Level	5V
Wifi	Wi-Fi 802.11 b/g/n 2.4 GHz
USB	Micro USB
Clock Frequency	16MHz
Operating Supply Voltage	5V
Digital I/O	54
Analog I/O	16
Memory Size	256kb
Data RAM Type/Size	8Kb
Data ROM Type/Size	4Kb
Interface Type	serial\OTA
Operating temperature	-40C°/+125C°
Length×Width	53.361×101.86mm
antenna	Buil-in\external antenna

2.7 Catu Daya (*Power Supply*)

Catu Daya atau sering disebut dengan Power Supply adalah sebuah piranti yang berguna sebagai sumber listrik untuk piranti lain. Salah satu jenis *Power Supply* yang digunakan adalah jenis *Power Supply Switching*, *Power Supply* jenis ini menggunakan metode yang berbeda dengan *power supply* linier. Pada jenis ini,

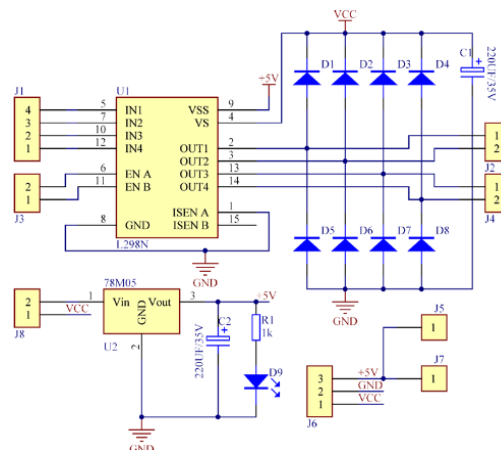
tegangan AC yang masuk ke dalam rangkaian langsung disearahkan oleh rangkaian penyearah tanpa menggunakan bantuan transformer. Cara menyearahkan tegangan tersebut adalah dengan menggunakan frekuensi tinggi antara 10KHz hingga 1MHz, dimana frekuensi ini jauh lebih tinggi daripada frekuensi AC yang sekitar 50Hz. Pada switching power supply biasanya diberikan rangkaian feedback agar tegangan dan arus yang keluar dari rangkaian ini dapat dikontrol dengan baik. Pada prototype sistem pendeteksi kebakaran gedung digunakan power supply dengan tegangan 12V 40A, untuk mensupply listrik keseluruhan sistem.



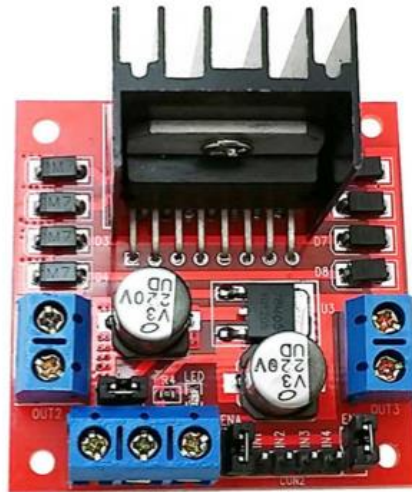
Gambar 2.18 Power Supply Switching 12V 40A

2.8 Driver Motor LN298N

Driver motor L298N merupakan modul driver motor DC yang paling banyak digunakan atau dipakai di dunia elektronika yang difungsikan untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC. IC L298 merupakan sebuah IC tipe H-bridge yang mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti relay, solenoid, motor DC dan motor stepper. Pada driver motor driver LN298N arus output maximum yang dapat digunakan di setiap channel nya adalah 3A.



(a)

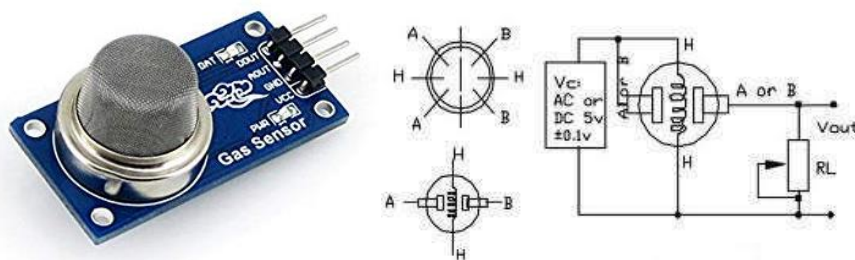


(b)

Gambar 2.19 Skematik Driver Motor L298N (a) & Bentuk Fisik L298N (b)

2.9 Sensor Gas MQ-2

Sensor Gas MQ-2 adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas seperti CO, LPG, dan asap di udara dan output di hasilkan dalam bentuk signal digital dan analog. Sensor ini biasa digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas baik di rumah maupun di industri. Sensor ini sangat cocok di gunakan untuk alat emergensi sebagai deteksi gas-gas, seperti deteksi kebocoran gas, deteksi asap untuk pencegahan kebakaran dan lain lain.



Gambar 2.20 Sensor Asap MQ-2 (kiri) dan Simbol Sensor Asap MQ-2 (kanan)

Untuk mengkalibrasi sensor agar medapatkan nilai asap dalam PPM yang diinginkan, nilai R_s dan R_0 dibutuhkan dimana R_s adalah tahanan sensor pada kadar asap tertentu / yang sedang kita ukur sedangkan R_0 adalah tahanan sensor pada udara yang bersih dengan perbandingan nilai R_0 adalah $R_0 = \text{nilai } R_s \text{ pada kadar CO } 1000 \text{ ppm}$. Untuk dapat mengetahui nilai R_s dengan menggunakan rumus;

$$R_s = R_L \times \left(\frac{1023 - ADC}{ADC} \right) \quad (2.17)$$

Keterangan

R_s = Tahanan pada sensor

R_L = Tahanan beban pada rangkaian (1k Ohm)

ADC = Nilai analog sensor

Untuk mendapatkan nilai R_L dapat dilihat pada board sensor tegangan output, pada board modul sensor MQ-2 menggunakan tahanan sebesar 1k Ω , sedangkan nilai ADC bisa didapatkan dengan melihat hasil *analogRead* atau dengan bisa juga dengan cara mengkonversi nilai VRL (Tegangan Output sensor) menggunakan rumus

$$VRL = \frac{ADC \times V_c}{1024}$$

Maka,

$$ADC = \frac{VRL \times 1024}{5} \quad (2.18)$$

Keterangan

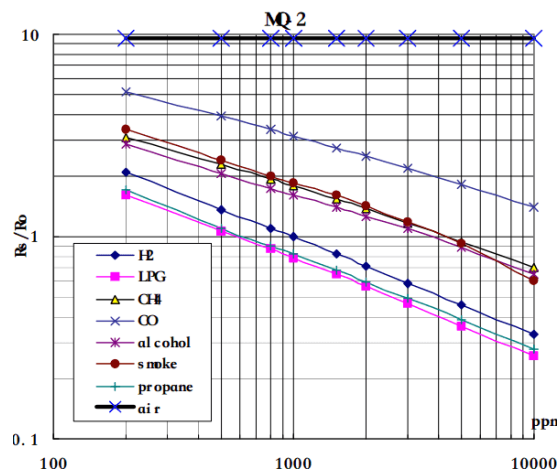
ADC = Nilai pembacaan sensor MQ-2

V_c = Tegangan Input (5V)

Selanjutnya, untuk mendapatkan nilai R_0 digunakan rumus

$$R_0 = \frac{R_s}{9.8} \quad (2.19)$$

Untuk mendapatkan nilai PPM asap sensor MQ2 mengacu pada datasheet untuk mendapatkan nilai PPM berdasarkan perbandingan R_s/R_0



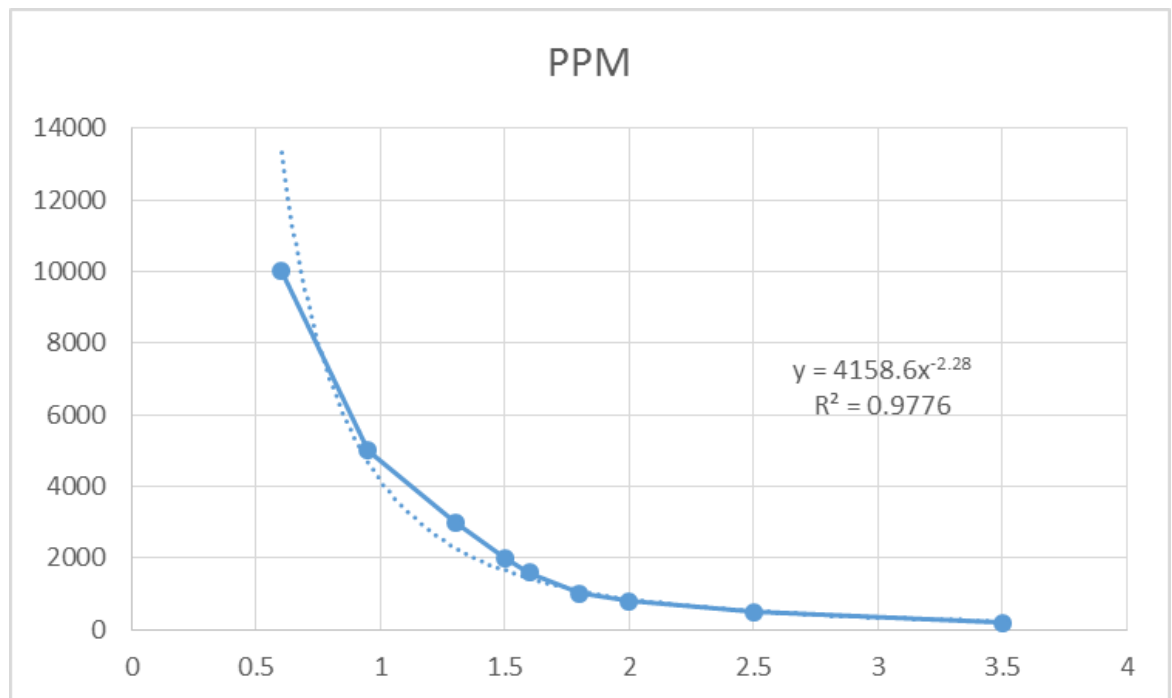
Gambar 2.21 Grafik perbandingan R_s/R_0

Dari Gambar 2.22 grafik perbandingan R_s/R_0 sebelumnya, didapat untuk nilai rasio asap adalah

Tabel 2.2 Rasio R_s/R_0 terhadap asap

No.	R_s/R_0	PPM
1	3.5	200
2	2.5	500
3	2	800
4	1.8	1000
5	1.6	1600
6	1.5	2000
7	1.3	3000
8	0.95	5000
9	0.6	10000

Untuk mendapatkan nilai pembacaan yang linier masukkan data R_s/R_0 sebelumnya ke dalam Microsoft excel guna mendapatkan persamaan garis linier hingga didapatkan data seperti gambar 2.23 di bawah ini



Gambar 2.22 Grafik linear sensor MQ-2

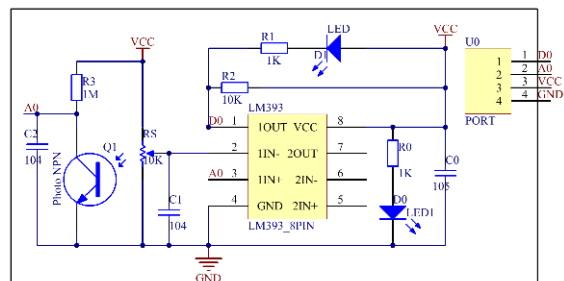
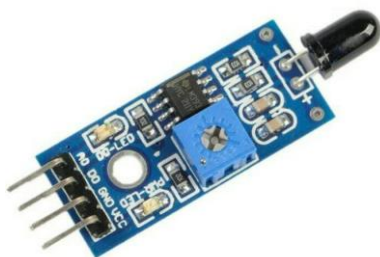
Setelah mendapatkan persamaan linear yang terdapat pada gambar diatas masukan persamaan tersebut untuk mendapatkan nilai ppm dimana ppm adalah PPM dan x adalah $\left(\frac{R_s}{R_0}\right)$ maka didapatkan rumus

$$y_{(PPM)} = 4158,5 \times \left(\frac{R_s}{R_0}\right)^{-2,28} \quad (2.20)$$

2.10 Sensor Api KY-026

Sensor Api atau *flame detector* adalah sensor yang mampu mendeteksi api dan mengubahnya menjadi besaran analog representasinya. Sensor api ini berbeda dengan sensor panas. Kalau sensor panas parameter yang diukur adalah temperaturnya, sedangkan sensor api ini yang dideteksi adalah nyala apinya.

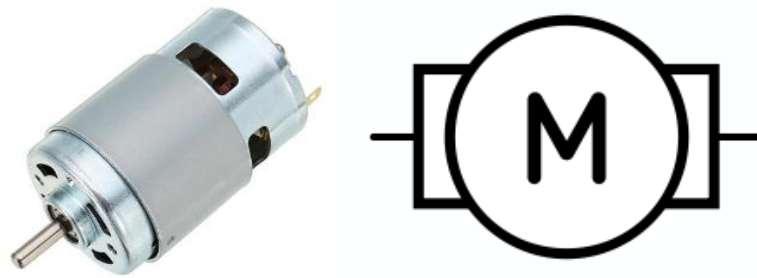
Sensor ini bekerja berdasarkan sinar infra merah (infrared) dalam rentang panjang gelombang 760 nm – 1100 nm, dengan jarak deteksi kurang dari 1 m dan respon time sekitar 15 mikro detik. Modul sensor api ini memiliki 3 kaki/pinout dengan konfigurasi (dari kiri ke kanan) : Vcc (5V) – Gnd – AO (Analog Input). Ada juga modul sensor api dengan 4 kaki, yakni dengan tambahan kaki atau pin untuk Digital Output (DO).



Gambar 2.23 Modul sensor api (kiri) dan skematik sensor api (kanan)

2.11 Motor DC

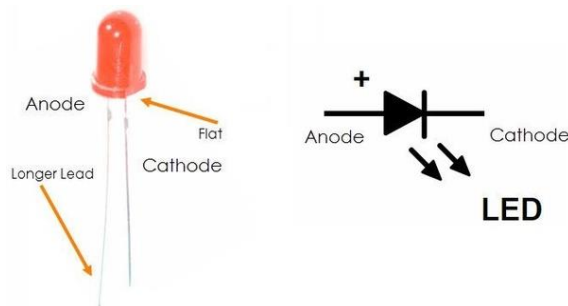
Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/*direct-unidirectional*.



Gambar 2.24 Motor DC 12 Volt dan simbol Motor DC

2.12 LED (*Light Emitting Diode*)

Lampu LED atau kepanjangannya Light Emitting Diode adalah suatu lampu indikator dalam perangkat elektronika yang biasanya memiliki fungsi untuk menunjukkan status dari perangkat elektronika tersebut. Misalnya pada sebuah komputer, terdapat lampu LED power dan LED indikator untuk processor, atau dalam monitor terdapat juga lampu LED power dan power saving. Lampu LED terbuat dari plastik dan dioda semikonduktor yang dapat menyala apabila dialiri tegangan listrik rendah (sekitar 1.5 volt DC). Berbagai macam warna dan bentuk dari lampu LED, disesuaikan dengan kebutuhan dan fungsinya.

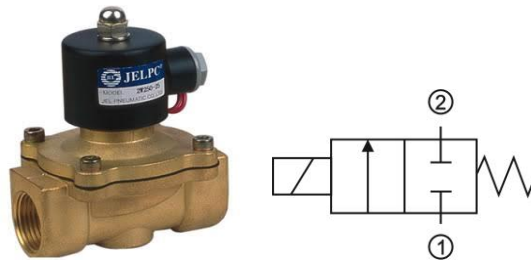


Gambar 2.25 LED (*Light Emitting Diode*)

2.13 Solenoid Valve

Solenoid valve adalah katup yang digerakkan oleh energi listrik, mempunyai kumparan sebagai penggerak yang berfungsi untuk menggerakkan *plunger* yang dapat digerakan oleh arus AC maupun DC. Prinsip kerja dari *valve* ini adalah katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggerak dimana ketika koil tersebut mendapatkan *supply* tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan *plunger* pada bagian dalamnya, ketika *plunger*

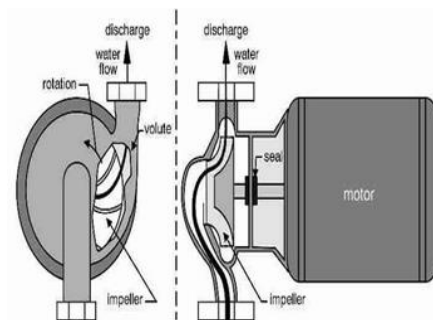
berpindah posisi maka pada lubang keluaran dari *valve* akan keluar udara bertekanan yang berasal dari *supply*.



Gambar 2.26 *Valve solenoid*

2.14 Pompa Air DC

Pompa air secara umum adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan atau (fluida) dari suatu tempat ke tempat lainya melalui saluran (pipa) dengan menggunakan tenaga listrik untuk merkdorong air yang dipindahkan secara terus menerus. Disaat pengoperasiannya pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan di sisi tekanan dan di sisi bagian hisap, perbedaan tekanan tersebut dihasilkan dari sebuah rnekanisme yang terjadi pada roda impler yang membuat keadaan sisi hisap menjadi tidak bergerak. Perbedaan inilah yang menghisap cairan sehingga dapat berpindah dari suatu reservoir ke tempat lain.



Gambar 2.27 Pompa Air

2.15 Sensor Suhu LM35

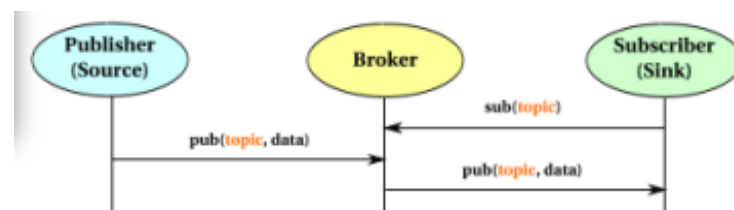
Modul sensor yang berfungsi untuk mensensing objek suhu dan kelembaban yang memiliki output tegangan analog yang dapat diolah lebih lanjut menggunakan mikrokontroler. Modul sensor ini tergolong kedalam elemen resistif seperti perangkat pengukur suhu seperti contohnya yaitu NTC. Kelebihan dari modul sensor ini dibanding modul sensor lainnya yaitu dari segi kualitas pembacaan data

IoT bekerja dengan memanfaatkan suatu argumentasi pemrograman, dimana tiap-tiap perintah argumen tersebut bisa menghasilkan suatu interaksi antar mesin yang telah terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan tanpa terbatas jarak berapapun jauhnya.

Jadi, Internet di sini menjadi penghubung antara kedua interaksi mesin tersebut. Lalu di mana campur tangan manusia? Manusia dalam IoT tugasnya hanyalah menjadi pengatur dan pengawas dari mesin-mesin yang bekerja secara langsung tersebut.

2.17 MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*)

MQTT adalah protokol konektivitas Internet of Things (IoT) yang berbasis open source (Eclipse) dengan standar terbuka (OASIS) yang dirancang untuk perangkat terbatas dan bandwidth rendah, dengan latency tinggi atau berjalan pada jaringan yang tidak dapat diandalkan. MQTT sangat ideal untuk perangkat yang terhubung dan aplikasi mobile di era IoT dimana bandwidth dan daya baterai menjadi pertimbangan utama.



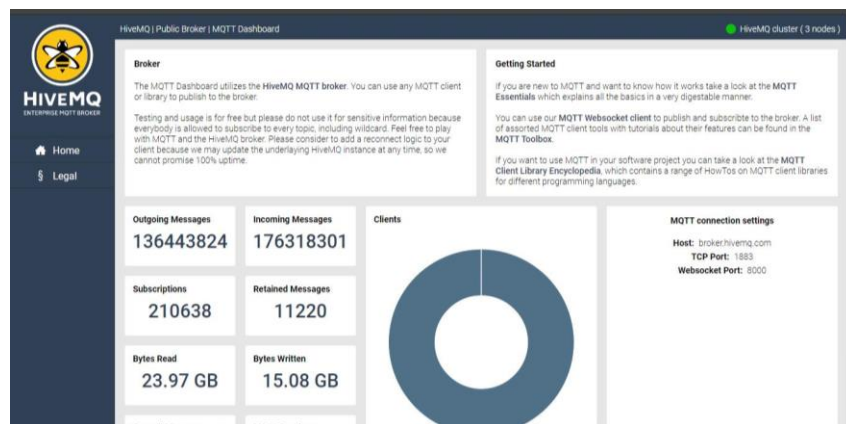
Gambar 2.29 Skema *publish subscribe* pada protokol MQTT

Protokol MQTT menggunakan prinsip publish subscribe. komponen (biasanya sensor) yang menghasilkan info tertentu dan menerbitkan info tersebut disebut publisher. Client yang tertarik untuk mendapatkan info tertentu mendaftarkan diri minat dari info tertentu, proses ini disebut subscribe, client yang berminat disebut subscriber. Selain publisher dan subscriber ada juga broker yang menjamin subscriber mendapatkan info yang diinginkan dari publisher.

2.18 HiveMQ

HiveMQ adalah broker MQTT dan platform perpesanan berbasis klien yang dirancang untuk pergerakan data yang cepat, efisien, dan andal ke dan dari perangkat IoT yang terhubung. Ia menggunakan protokol MQTT untuk push

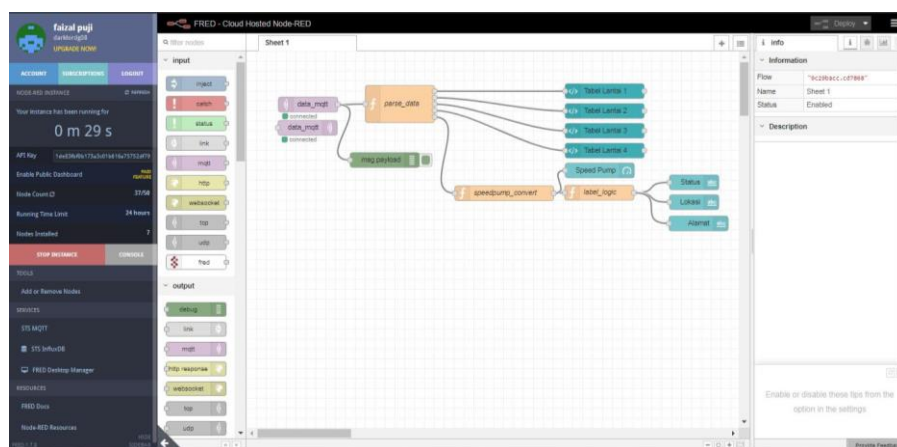
instan, dua arah data antara perangkat Anda dan sistem perusahaan Anda. Tidak seperti HTTP, Hive MQ didasarkan pada arsitektur *publish* dan *Subscribe* sehingga total *traffic* berkurang karena tidak ada polling klien. Ukuran pesan MQTT juga secara signifikan lebih kecil dari pada HTTP sehingga jumlah data yang melewati jaringan berkurang dengan perangkat yang dimiliki memungkinkan HiveMQ dapat mengkoneksikan 10.000.000 perangkat secara bersamaan.



Gambar 2.30 Tampilan *dashboard* HiveMQ MQTT broker

2.19 Fred Node-RED

Freed Node-RED adalah suatu pemrograman untuk menghubungkan device (Arduino), API dan MQTT. Program ini menyediakan editor berbasis browser yang membuatnya mudah untuk menyatukan aliran menggunakan berbagai node di palet yang dapat digunakan untuk runtime dalam satu klik.



Gambar 2.31 Tampilan Fred Node - RED

BAB III

PERANCANGAN ALAT

3.1 Perancangan Sistem Pendeteksi Kebakaran Pada Gedung ter-Integrasi IoT

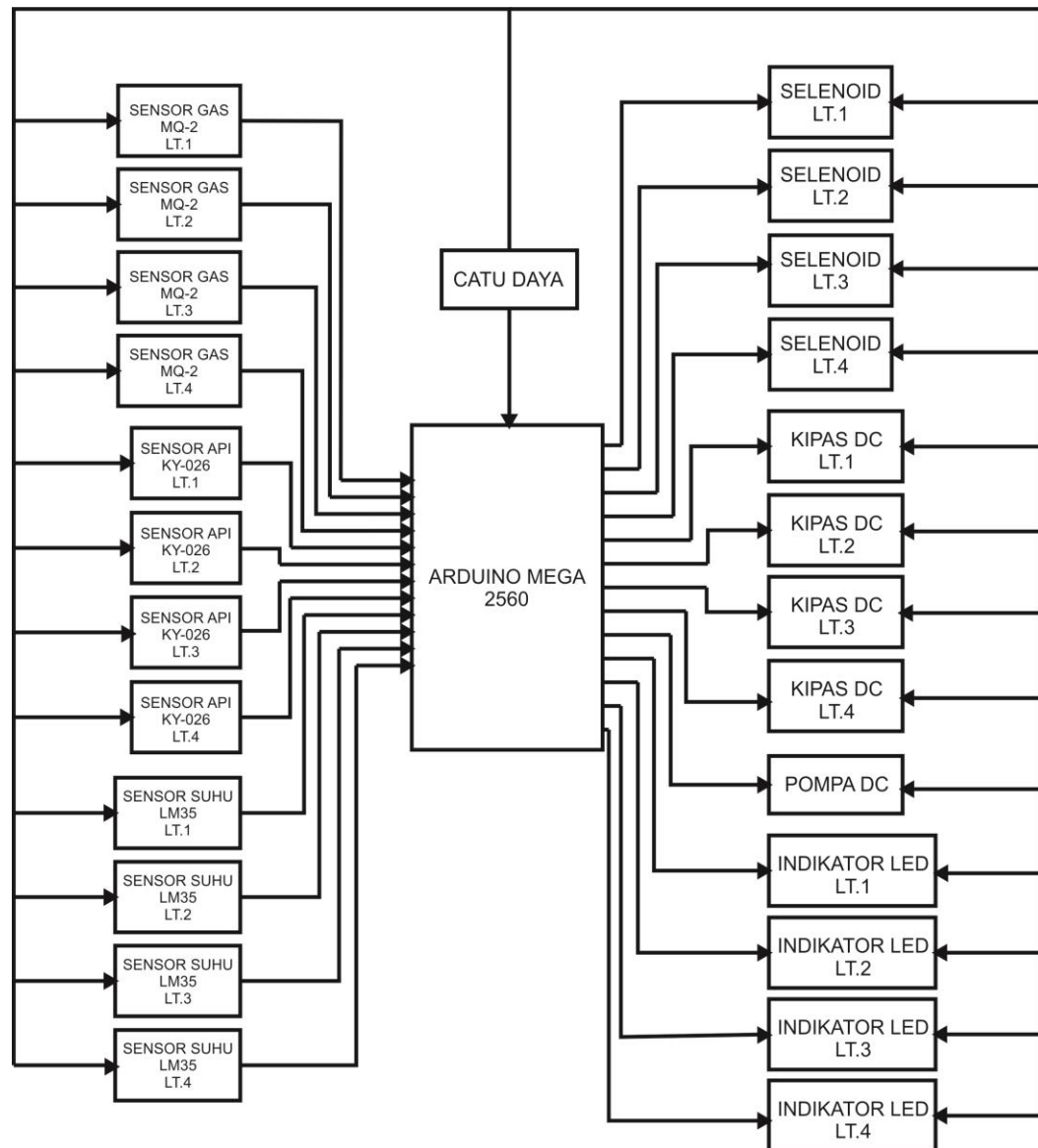
Perancangan sistem pendeteksi kebakaran pada gedung ter-Interasi IoT ini lebih memfokuskan pada pendektasian kebakaran serta pemadaman api. Kemudian dalam perancangan ini terdiri atas dua bagian yang saling berhubungan yaitu perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*Software*). Dimana perangkat lunak digunakan untuk mengendalikan perangkat keras, perangkat keras yang digunakan adalah sebuah mikrokontroler arduino MEGA 2560 yang telah tertanam modul Wi-Fi ESP 8266, pada *prototype* sistem bekerja setelah mikrokontroler terhubung ke sistem IOT, setelah terhubung, setiap sensor akan mengirimkan data menuju mikrokontroler untuk di olah sebagai input fuzzy dan juga sebagai pendeteksian api, jika api terdeteksi oleh sensor, arduino akan mengirim data berupa alamat via Wi-Fi esp8266 menuju web server, serta arduino akan memulai prosesi pemadaman api, sistem pengontrolan *prototype* ini adalah loop terbuka (*open loop*).

3.2 Prinsip Kerja Sistem Pendeteksi Api

pada sistem pendeteksi kebakaran ini, diterapkan pada gedung bertingkat dimana untuk mendeteksi potensi kebakaran di setiap lantainya digunakan 3 (tiga) buah sensor yang berbeda yaitu sensor asap, sensor api, dan sensor suhu. Dimana sensor suhu akan mengukur suhu ruangan, sensor api untuk mendeteksi api, sensor asap untuk mendeteksi kepadatan asap pada setiap lantai. LED pada setiap lantai digunakan sebagai penanda terjadinya kebakaran.

Hasil dari pembacaan sensor asap dan suhu kemudian diproses oleh fuzzy yang di gunakan sebagai masukan untuk kecepatan putaran kipas exhaust apakah lambat, sedang, atau cepat. Sedangkan sensor api akan menjadi masukan untuk pengaktifan pompa serta pipa solenoid setiap lantai, jika yang hanya 1 lantai yang terjadi kebakaran kekuatan pompa hanya sebesar 25%, jika 2 (dua) lantai 50%, jika 3 (tiga) lantai 75%, dan jika semua lantai terbakar 100%.

Saat terjadi kebakaran LED akan mati dan sensor api akan terus mendeteksi kondisi ruangan jika api sudah padam maka pompa dan selenoid yang menyala akan di non-aktifkan, namun kipas exhaust akan tetap bekerja karna input kipas bukan berasal dari sensor api, melainkan dari hasil pengolahan fuzzy sensor asap dan sensor suhu. Seperti pada gambar 3.1 akan menjelaskan mengenai blok digram perangkat keras yang digunakan,



Gambar 3.1 Diagram blok perangkat keras sistem pendeteksi kebakaran

Tiap – tiap bagian dari blok diagram perangkat keras diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Sensor Gas (MQ-2)

- Berfungsi untuk mendeteksi kepadatan asap pada setiap lantai
- b. Sensor api (KY-026)
Berfungsi mendeteksi api pada setiap ruangan
- c. Sensor suhu (LM35)
Berfungsi mendeteksi suhu setiap lantai
- d. Mikrokontrol Arduino Mega 2560 + *build in* Wi-Fi esp8266
Sebagai fungsi dari pemrosesan sistem pendeteksi kebakaran serta pengirim data alamat gedung via IoT menuju WEB server
- e. Catu daya
Berfungsi sebagai sumber listrik untuk menimbulkan daya pada sistem pendeteksi kebakaran
- f. Kipas Exhaust
Berfungsi sebagai penyedot atau vakum asap di dalam ruangan menuju ke luar ruangan
- g. Pompa air
Berfungsi sebagai sumber penyalur air menuju sprayer tiap lantai
- h. Solenoid valve
Berfungsi sebagai jalur saluran air menuju sprayer per lantai
- i. LED
Berfungsi sebagai indikator lantai yang terjadi kebakaran

3.3 *Flowchart*

Untuk menggambarkan keseluruhan sistem kerja pendeteksi kebakaran ter integrasi IoT, maka pada *flowchart* dibawah ini akan menjelaskan seluruh tahapan – tahapan dari sistem algoritma program kerja secara keseluruhan yang terdiri dari beberapa proses yaitu :

- a. Mulai
Merupakan titik kondisi awal sebuah sistem siap untuk melakukan suatu proses
- b. Inisialisasi I/O
Merupakan proses untuk menginisialisasi program awalan mikrokontroller
- c. Arduino terhubung dengan internet
Merupakan proses dimana arduino berusaha untuk tersambung ke jaringan internet melalui Hotspot Wi-Fi yang telah di daftarkan pada sketch arduino

d. Menghubungkan arduino ke MQTT Broker

Merupakan proses dimana arduino yang telah terhubung ke internet, dilanjutkan dengan menghubungkan arduino ke MQTT broker agar arduino dengan WEBSarver dan arduino dapat berkomunikasi

e. Proses Logika Fuzzy

Merupakan proses untuk melakukan klarifikasi data dari hasil pembacaan nilai crips masing masing sensor yaitu sensor asap MQ-2 dan sensor suhu LM35 yang terdapat pada setiap lantai, nilai ketebalan asap di ukur dengan satuan ppm dan suhu dalam satuan *celcius*, dengan nilai rentang yang telah di sesuaikan.

f. Deteksi adanya apa atau tidak

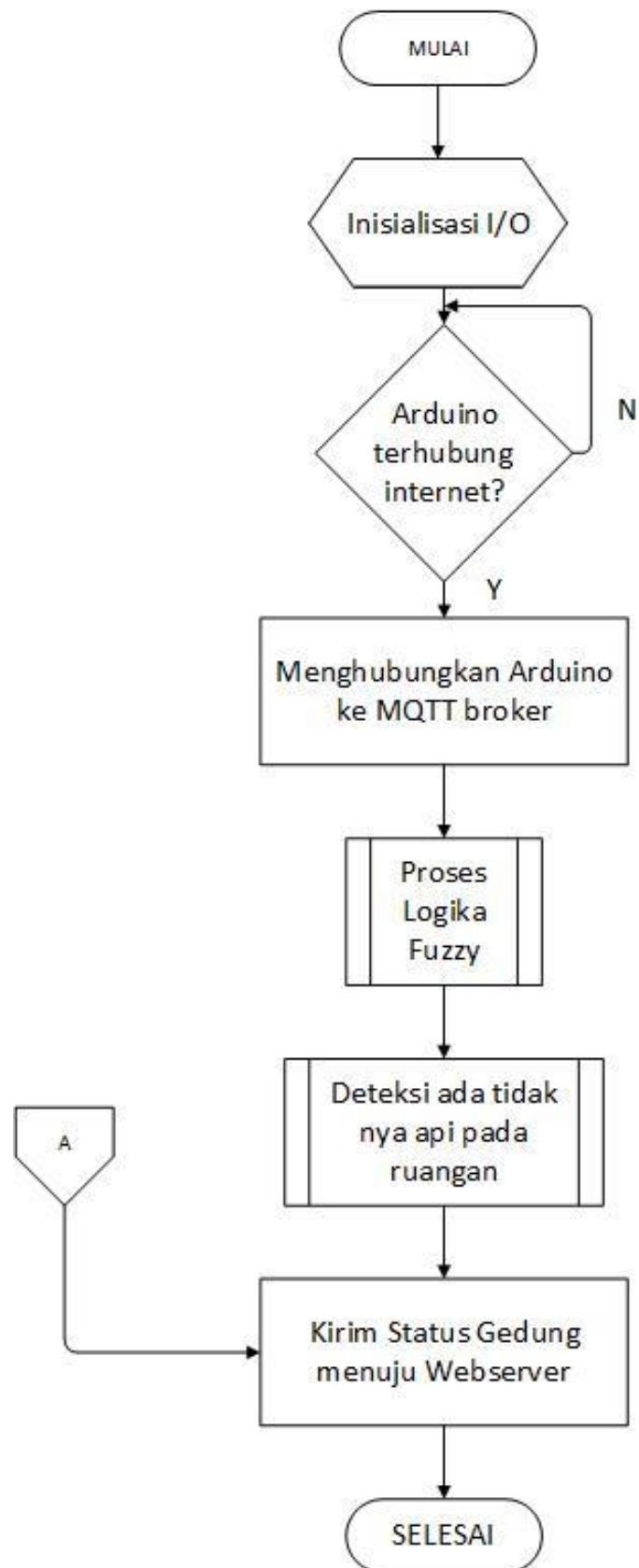
Pada proses ini sensor api akan mendeteksi adanya titik api pada setiap lantai atau tidak, jika terdapat api dilanjutkan dengan proses pemadaman api, memutu jaringan listrik 1 fase pada lantai yang terdeteksi titik api, sekaligus pada bagian ini terdapat sub proses untuk menentukan kekuatan dari pompa dengan menggunakan konsep Biner sebagai titik acuan kekuatan pompa air.

g. Kirim Status gedung menuju Web server

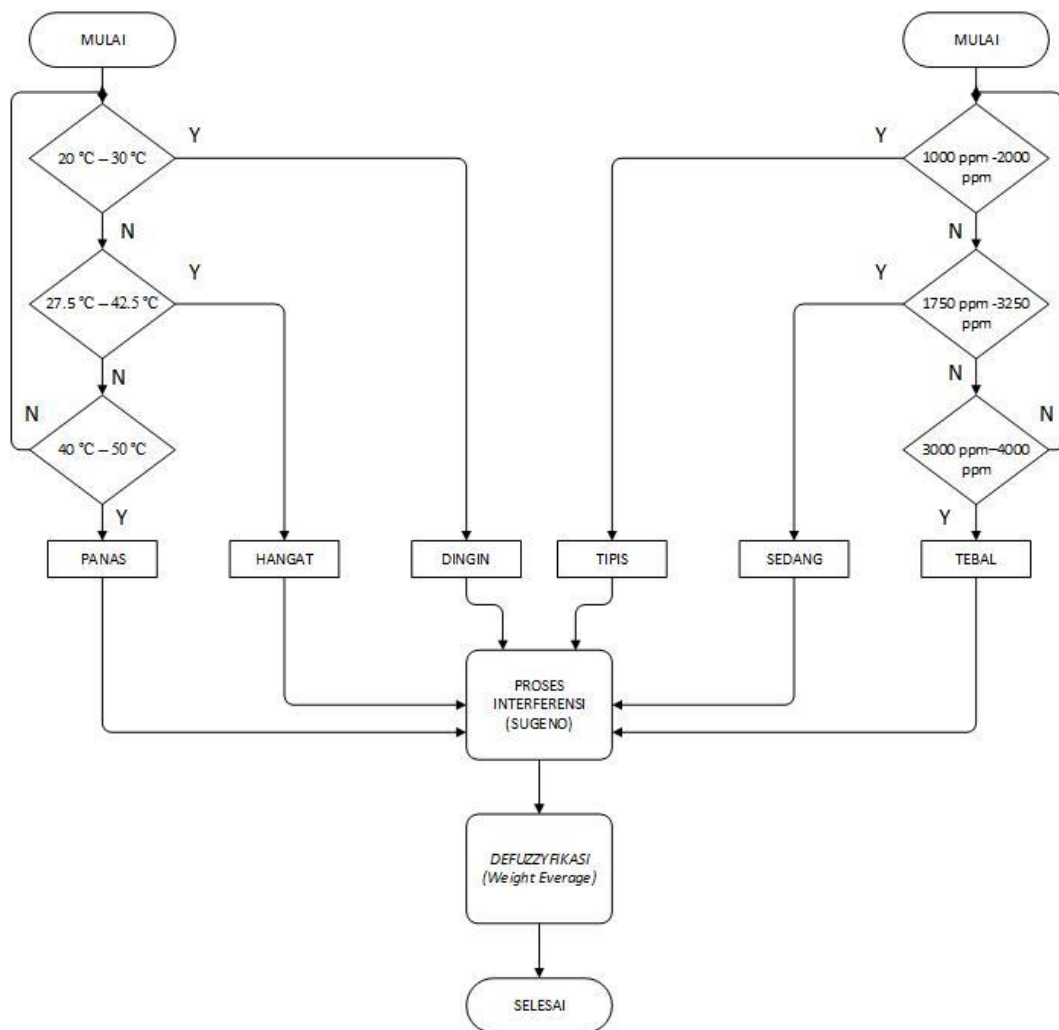
Pada proses ini data yang di dapat dari hasil deteksi api dan hasil defuzzyfikasi akan dikirimkan menuju web server via Wi-Fi esp8266 setiap 0.5 detik, data akan terus di kirimkan menuju web server walaupun tidak terdeteksi kebakaran, dikarenakan sejatinya maksud dari IoT pada prototype ini di gunakan sebagai monitoring.

h. Selesai

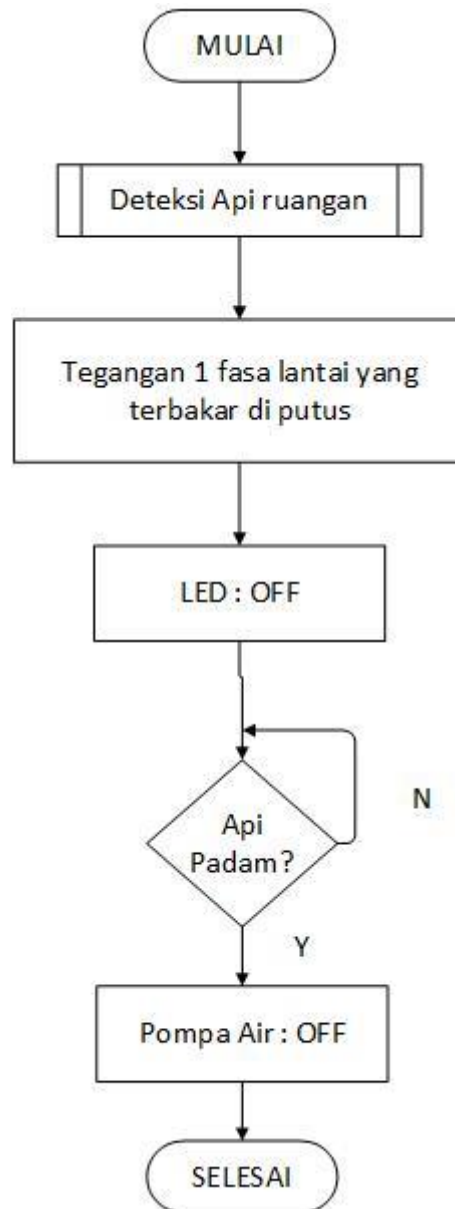
Merupakan kondisi yang menyatakan titik akhir dari suatu proses.



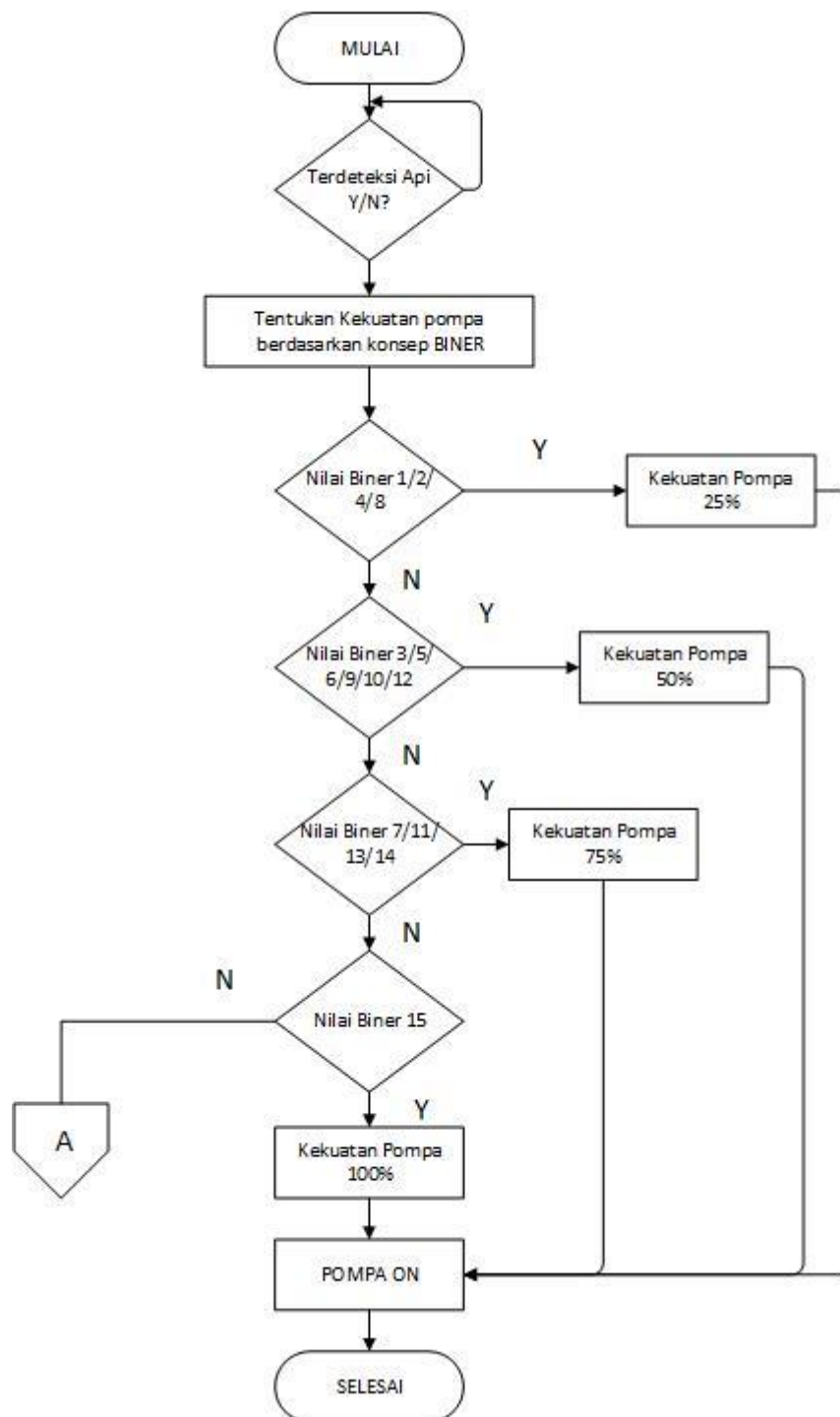
Gambar 3.2 *Flowchart* keseluruhan sistem pendeteksi kebakaran gedung bertingkat terintegrasi IoT



Gambar 3.3 Flowchart Sub – Proses Logika Fuzzy



Gambar 3.4 *Flowchart sub-process* pendeteksian ada tidak nya api



Gambar 3.5 Flowchart subprocess deteksi api ruangan

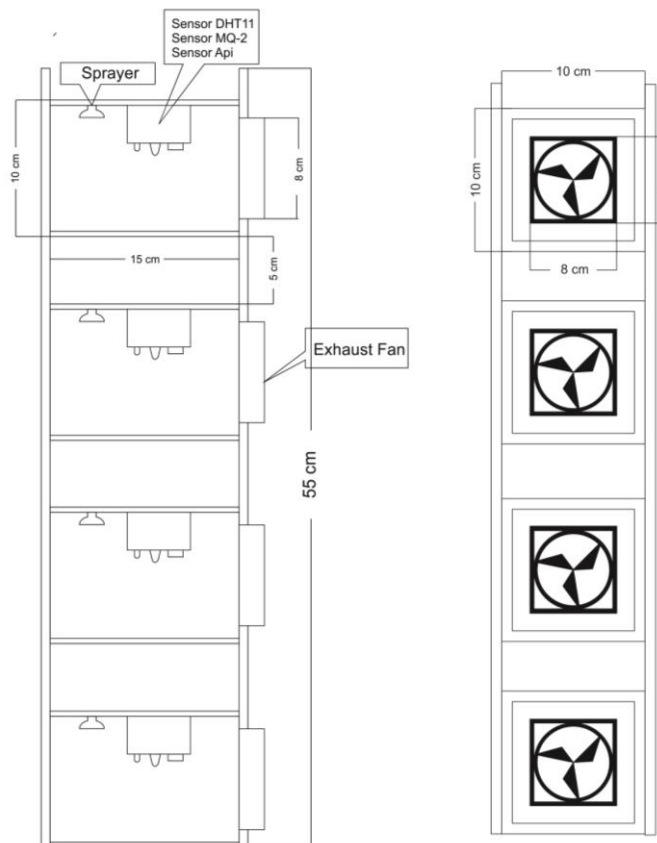
3.4 Perancangan Bentuk Pendeteksi Kebakaran pada Gedung

Peletakan komponen elektronika dilakukan agar dapat mempermudah penginstalasian pada tiap – tiap bagian dari perancangan prototype. PrTOTYPE terdiri

menjadi 4 segmen lantai, dimana setiap lantai terdapat 3 sensor yaitu sensor api, sensor asap MQ-2, serta sensor suhu LM35. Pada setiap lantai juga dilengkapi 1 buah kipas exhaust dan sprayer untuk menyemburkan air kesetiap lantai.

3.4.1 Perancangan Prototype Gedung Bertingkat

Pada perancangan gedung ini terdiri dari dari potongan papan dan akrilik transparan yang dibentuk sesuai kebutuhan. Gambar 3.6. memperlihatkan bentuk desain yang akan digunakan.



Gambar 3.6 desain tampak depan dan samping perancangan Gedung bertingkat

3.5 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras ini meliputi modul sistem minimum ATmega 2560 sebagai pengendali utama sistem pendeteksi kebakaran. Sistem minimum ATmega 2560 dengan motor DC sebagai kipas exhaust dan pompa air, Sistem minimum ATmega 2560 dengan sensor api sebagai pendeteksi api, Sistem Minimum ATmega 2560 dengan sensor asap MQ-2 sebagai pendeteksi asap, Sistem Minimum ATmega 2560 dengan sensor suhu LM35 sebagai pendeteksi

suhu, Sistem Minimum ATmega 2560 dengan LED untuk sebagai inidikator tegangan 1 fase pada ruangan tersebut di putus, Sistem Minimum ATmega 2560 dengan buzzer sebagai penanda terjadinya kebakaran dan Sistem minimum Atmega 2560 dengan pipa selenoid sebagai jalur saluran air.

3.5.1 Rangkaian Power Supply.

Rangkaian *Power Supply* ini digunakan sebagai catu daya rangkaian Arduino, sensor Api, Sensor Asap MQ-2, Sensor Suhu LM35, Motor DC, LED, Buzzer, dan pipa Selenoid. Rangkaian *Power Supply* ini merupakan skema penurunan tegangan 220 V AC diturunkan menjadi 12 V AC dan disearahkan menjadi DC 12 V dan DC 5 V, dengan menggunakan *power supply* tegangan 12V untuk selenoid, pompa, arduino, dan kipas exhaust, modul *DC – DC step down* LM2596 sebagai *supply* tegangan 5V untuk sensor MQ-2, KY-026, LM35, dan LED

3.5.2 Rangkaian Arduino Mega 2560 Built-in WiFi- ESP 8266

Modul yang digunakan sebagai pusat pengendalian adalah rangkaian sistem minimum ATmega 2560. Mikrokontroller ini mampu menampung memori *flash* sebanyak 256 KB, 8 KB digunakan untuk bootloader. ATmega 2560 memiliki 8 KB untuk SRAM dan 4 KB untuk EEPROM. ATmega 2560 ini berfungsi sebagai pusat pengendalian untuk mengatur keseluruhan sistem palang pintu kereta api. Untuk rangkaian oscilator *external* digunakan sebesar 16 MHz, serta pada Arduino iini telah tertanan IC ESP8266 sebagai jalur komunikasi via Wi-Fi (Rangkaian sistem minimum ATmega 2560 + esp8266)

Adapun Tabel 3.1 yang menguraikan secara jelas tentang jalur koneksi antara pin – pin mikrokontroler dengan rangkaian sistem pendeteksi kebakaran gedung.

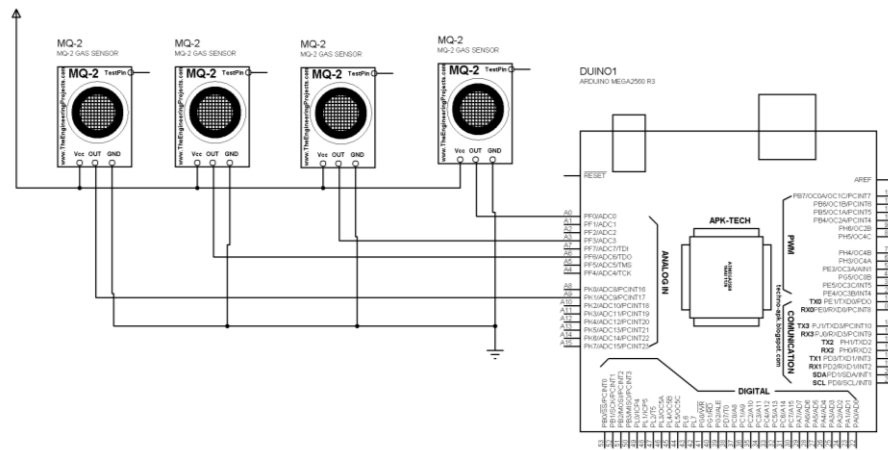
Tabel 3.1 Koneksi pin – pin mikrokontroller.

Rangkaian	Pin ARDUINO	Pin ATmega2560	Keterangan
Sensor KY-026	Pin A2	Pin PF2	Sensor Api Lt.1
	Pin A5	Pin PF5	Sensor Api Lt. 2
	Pin A8	Pin PK0	Sensor Api Lt. 3

Rangkaian	Pin ARDUINO	Pin ATMega2560	Keterangan
Sensor KY-026	Pin A11	Pin PK3	Sensor Api Lt. 4
Sensor MQ-2	Pin A0	Pin PF0	Sensor Asap Lt. 1
	Pin A3	Pin PF3	Sensor Asap Lt. 2
	Pin A6	Pin PF6	Sensor Asap Lt.3
	Pin A9	Pin PK1	Sensor Asap Lt.4
Sensor LM35	Pin A1	Pin PF1	Sensor Suhu Lt. 1
	Pin A7	Pin PF7	Sensor Suhu Lt. 2
	Pin A4	Pin PF4	Sensor Suhu Lt. 3
	Pin A10	Pin PK2	Sensor Suhu Lt.4
LED	Pin 22	Pin PA0	Indikator Lt. 1
	Pin 24	Pin PA2	Indikator Lt. 2
	Pin 26	Pin PA4	Indikator Lt. 3
	Pin 28	Pin PA6	Indikator Lt. 4
Driver LM298n (Kipas 1 & Kipas 2)	Pin 11	Pin PB5	IN1
	Pin 10	Pin PB4	ENA
	Pin 9	Pin PH6	IN3
	Pin 8	Pin PH5	ENB
Driver LM298n (Kipas 2 & Kipas 3)	Pin 7	Pin PH4	IN1
	Pin 6	Pin PH3	ENA
	Pin 5	Pin PE3	IN3
	Pin 4	Pin PG5	ENB
Driver LM298n (3) (Pompa)	Pin 3	Pin PE5	IN1
	Pin 2	Pin PE4	ENA
Relay	Pin 23	Pin PA1	Solenoid Valve Lt. 1
	Pin 25	Pin PA3	Solenoid Valve Lt. 2
	Pin 27	Pin PA5	Solenoid Valve Lt. 3
	Pin 29	Pin PA7	Solenoid Valve Lt. 4

3.5.3 Rangkaian Sistem Minimum Atmega 2560 Dengan Sensor Asap MQ-2

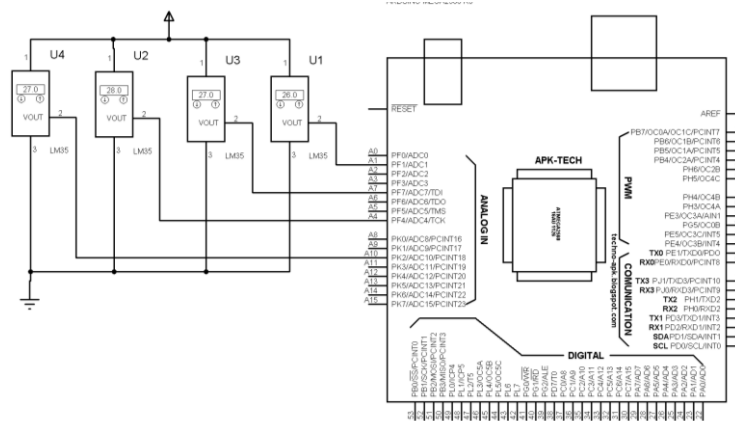
Sensor asap MQ-2 berfungsi untuk mendeteksi mengukur kepadatan asap dan gas berbahaya lainnya dalam suatu ruangan. Pada sistem pendeteksi kebakaran ini sensor ini berfungsi untuk mendeteksi asap, selain mendeteksi asap sensor ini dapat juga mendeteksi jenis gas lain yaitu gas LPG, i-butana, propana, metana, alkohol, dan hidrogen. Gambar 3.7 berikut ini akan menunjukkan skematik rangkaian sistem minimum ATmega 2560 dengan sensor asap MQ-2.



Gambar 3.7 Skematik rangkaian sistem minimum ATmega 2560 dengan sensor MQ-2

3.5.4 Rangkaian Sistem Minimum Atmega 2560 Dengan Sensor Suhu LM35

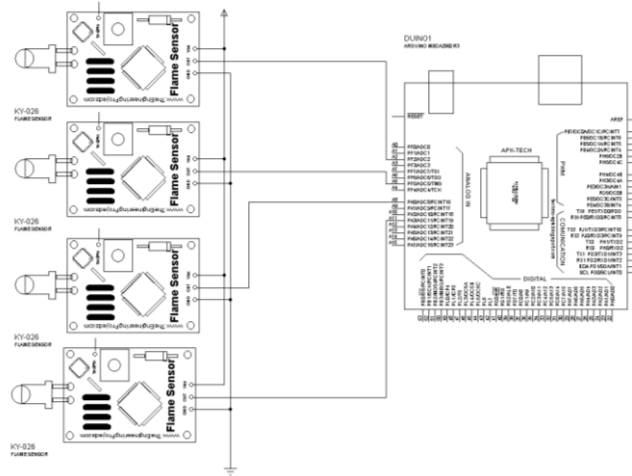
Sensor LM35 berfungsi untuk mengukur suhu. Pada sistem pendeteksi kebakaran gedung sensor ini berfungsi untuk mengukur Suhu pada setiap ruangan gedung.



Gambar 3.8 Skematik rangkaian sistem minimum ATmega2560 dengan sensor LM35

3.5.5 Rangkaian Sistem Minimum Atmega 2560 Dengan Sensor Api KY-026

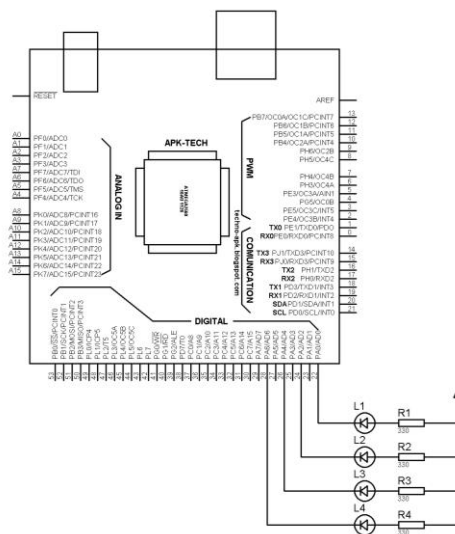
Sensor KY-026 berfungsi untuk mendeteksi sinar inframerah yang dihasilkan oleh api. Pada rangkaian pendeteksi kebakaran pada gedung, sensor ini berfungsi untuk mendeteksi api pada setiap lantai. Gambar 3.9 di bawah ini menampilkan rangkaian sistem minimum ATmega 2560 dengan sensor KY-026.



Gambar 3.9 Skematik rangkaian sistem minimum ATmega2560 dengan KY-026

3.5.6 Rangkaian Sistem Minimum Atmega 2560 Dengan LED

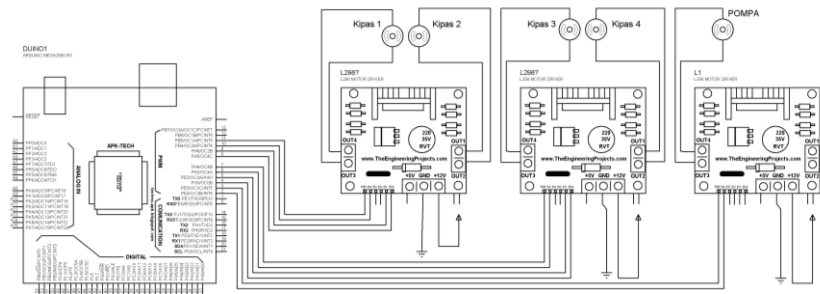
LED atau *Light Emitting Diode* adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi untuk memancarkan cahaya. Pada rangkaian pendeteksi kebakaran pada gedung komponen ini berfungsi sebagai indikator telah diputus-nya aliran tegangan 220 V AC. Gambar 3.10 pada lembar selanjutnya menunjukkan rangkaian sistem minimum ATmega 2560 dengan LED.



Gambar 3.10 Skematik rangkaian sistem minimum ATmega 2560 dengan LED

3.5.7 Rangkaian Sistem Minimum Atmega 2560 Dengan Motor DC (Kipas Exhaust dan Pompa Air)

Terdapat 2 macam fungsi motor DC yang digunakan pada rangkaian pendeteksi kebakaran gedung, yaitu Motor DC sebagai kipas exhaust dan motor DC sebagai pompa air, setiap Motor DC memiliki tegangan sebesar 12V dan terhubung dengan motor driver L289n untuk mengatur nilai PWM motor DC.

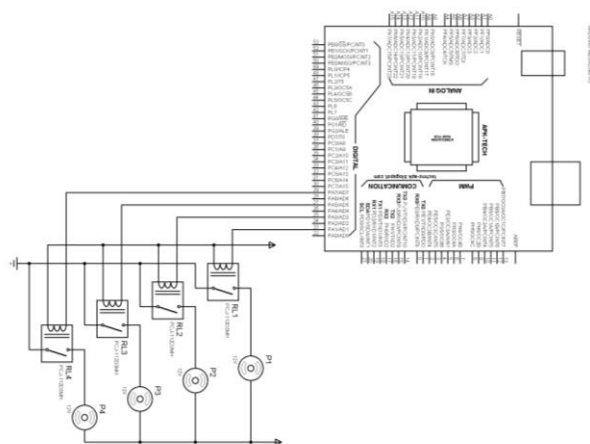


Gambar 3.11 Skematik rangkaian sistem minimum ATmega 2560 dengan motor DC

3.5.8 Rancangan Rangkaian Sistem Minimum Atmega 2560 Dengan Selenoid Valve

Selenoid Valve adalah komponen elektronika yang berfungsi sebagai keran elektronik. Dalam rangkaian pendeteksi kebakaran gedung ini selenoid valve digunakan untuk keran elektronik setiap jalur air dari pompa menuju ruangan.

Gambar 3.12 dibawah ini menunjukkan rangkaian sistem minimum ATmega 2560 dengan selenoid Valve.



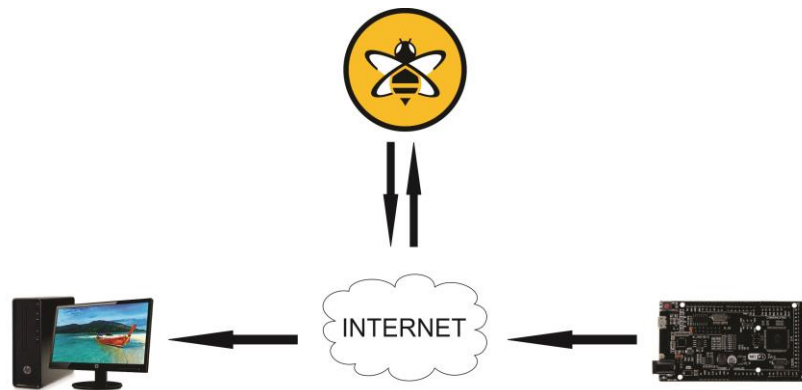
Gambar 3.12 Skematik rangkaian sistem minimum ATmega 2560 dengan selenoid Valve

3.5.9 Skematik Rangkaian Keseluruhan

Dari rangkaian – rangkaian sebelumnya yang telah di tampilkan dapat dibentuk menjadi 1 (satu) rangkaian keseluruhan yang mencakupi rangkaian sistem minimum ATmega 2560, rangkaian sensor MQ-2, rangkaian sensor KY-026, rangkaian sensor LM35, rangkaian LED, rangkaian selenoid Valve, rangkaian motor DC.

3.6 Sistem Informatika

Pada pembuatan prototype ini digunakan Arduino IDE untuk pembuatan program pada mikrokontroler Arduino Mega 2560 ter integrasi ESP8266. Pertukaran data terjadi secara *real time* dengan menggunakan ESP8266 sebagai penghubung dari mikrokontroler dan WEB yang dapat diakses pada Komputer.



Gambar 3.13 Skema Tahapan Penggunaan WEB Interface

Untuk mengakses tampilan WEB pada sistem monitoring kebakaran gedung. Tahap pertama yang dilakukan adalah membuat akun di website <https://users.sensetecnic.com/login> dan mengupload file dengan ekstensi .json yang telah di buat sebelumnya. File .json yang telah di upload sebelumnya ketika di deploy akan menampilkan interface dari webserver dan ESP8266 akan terhubung dengan broker HiveMQ sehingga pada saat itu terjadi proses pertukaran data berupa publish dan subscribe. Sehingga data monitoring dapat di tampilkan dan di saksikan pada browser yang teradapat pada komputer.

3.6.1 Desain Halaman Web

User Interface dirancang menggunakan aplikasi berbasis website bernama FRED red – Node, dimana pada tampilan WEB akan menampilkan status gedung,

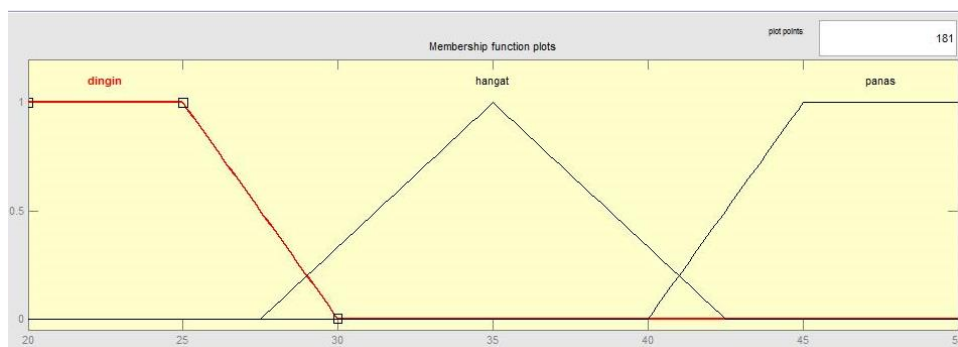
alamat dari gedung yang telah terdatar pada program, tabel status defuzzyfikasi setiap lantai, nilai PWM kipas yang sedang berjajalan yang selalu berubah tergantung hasil output proses logika fuzzy, serta sebuah pengukur kekuatan pompa DC dengan satuan persen (%) (desain WEB : 1).

3.7 Perancangan Logika Fuzzy Pendeteksi Kebakaran Gedung

Perancangan digunakan untuk pengendalian kecepatan dari Kipas Exhaust dengan menggunakan kendali logika fuzzy yang memiliki waktu yang tidak tetap dan berubah – ubah sesuai dengan nilai pembacaan sensor secara analog dengan variabel input yaitu kepadatan asap dan suhu pada ruangan berdasarkan fuzzyfikasi, evaluasi aturan dan defuzzyfikasi yang telah dirancang, dengan variabel output berupa lambat, sedang, dan cepat hal ini dilakukan pada miniatur pendeteksi kebakaran pada gedung yang telah ditetapkan. Metode yang terapkan pada perancangan logika fuzzy ini menggunakan metode sugeno.

3.7.1 Proses Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi adalah proses untuk mengubah masukan berupa Kepadatan asap dan suhu ruangan menjadi masukan fuzzy berupa derajat keanggotaan. Pada perancangan pendeteksi kebakaran gedung ini, fungsi keanggotaan Asap dibagi menjadi 3 kelompok yaitu normal, sedang, dan padat. Sedangkan suhu di bagi menjadi 3 kelompok yaitu normal, hangat, dan panas. Masing – masing fungsi keanggotaan memiliki representasi yang bervariasi untuk mendapatkan hasil yang sesuai.

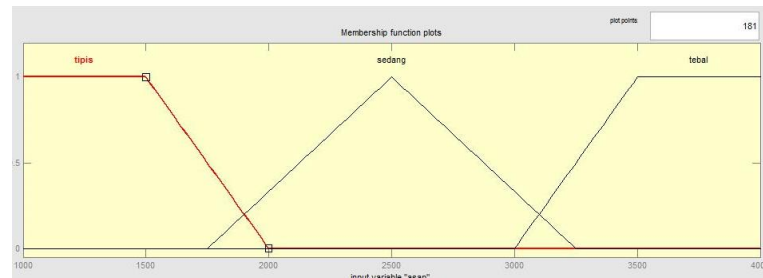


Gambar 3.14 Fungsi keanggotaan fuzzy suhu ruangan

Adapun tabel 3.2 yang merupakan secara jelas tentang fungsi keanggotaan suhu ruangan yang dikategorikan menjadi 3 label, yaitu;

Tabel 3.2 Nilai untuk tabel linguistik suhu ruangan

Label Linguistik	Nilai Input Crisp (°C)
Normal	20 – 30
Hangat	27.5 – 42.5
Panas	40 – 50

**Gambar 3.15** Fungsi keanggotaan fuzzy asap ruangan

Adapun tabel 3.3 yang merupakan secara jelas tentang fungsi keanggotaan kepadatan asap ruangan yang dikategorikan menjadi 3 label.

Tabel 3.3 Nilai untuk tabel linguistik Kepadatan asap ruangan

Label Linguistik	Nilai Input Crisp (ppm)
Tipis	1000 – 2000
Sedang	1750 – 3250
Tebal	3000 – 4000

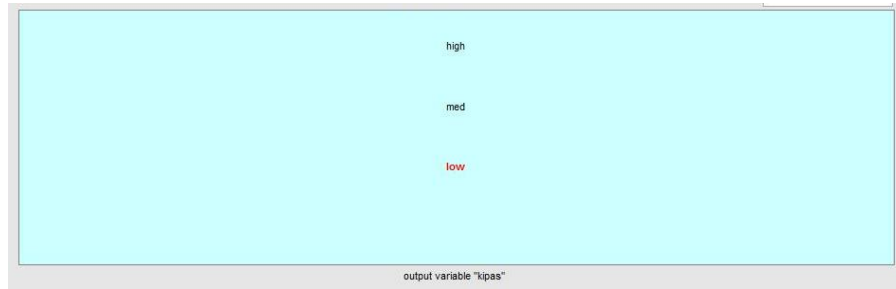
3.7.2 Proses Inferensi

Untuk melakukan proses defuzzyfikasi diperlukan aturan – aturan yang digunakan untuk memperoleh keluaran berupa Kecepatan kipas exhaust. Berikut terdapat *Fuzzy Associative Memory (FAM)* yang digunakan untuk memetakan aturan – aturan yang dibuat dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.4 *Fuzzy Associative Memory (FAM)* Kipas Exhaust

LM35 MQ-2	Panas	Sedang	Normal
Tipis	<i>HIGH</i>	<i>MEDIUM</i>	LOW
Sedang	<i>HIGH</i>	<i>MEDIUM</i>	<i>MEDIUM</i>
tebal	<i>HIGH</i>	<i>HIGH</i>	<i>HIGH</i>

Terdapat berbagai macam cara dalam menentukan aturan fuzzy. Untuk pengaturan nilai PWM kipas exhaust, fungsi keanggotaan yang digunakan adalah *singleton/constan* dimana setiap fungsi keanggotaan memiliki derajat keanggotaan 1 pada suatu nilai crisp tunggal. Terdapat 3 nilai linguistik yaitu lambat, sedang, cepat. Bentuk fuzzy untuk Pengaturan kecepatan kipas exhaust seperti pada gambar 3.16



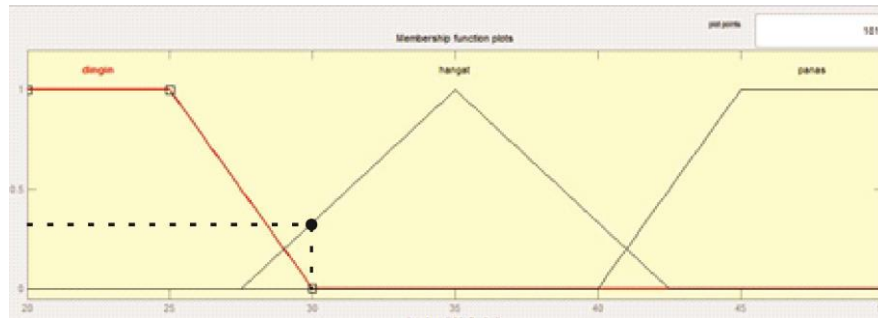
Gambar 3.16 Fungsi keanggotaan pada fuzzy Kecepatan Kipas Exhaust

Tabel 3.5 Nilai Label linguistik kecepatan kipas exhaust berdasarkan nilai PWM

Label Linguistik	Nilai Input <i>Crisp</i> (PWM)
<i>HIGH</i>	85
<i>MED</i>	170
<i>LOW</i>	255

3.7.3 Proses Defuzzyfikasi

Masukan dari proses ini adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan – aturan fuzzy, sedangkan keluarannya didapat dari hasil perhitungan defuzzyfikasi dalam range yang sudah ditentukan. Sebagai contoh diambil sampel, dengan suhu ruangan 30°C dan kepekatan asap 3400 ppm. Pada fungsi AND menggunakan fungsi MIN serta tahap defuzzyfikasi menggunakan metode *Weight Everage*. Maka dapat dihasilkan *rule weight* sebagai berikut;

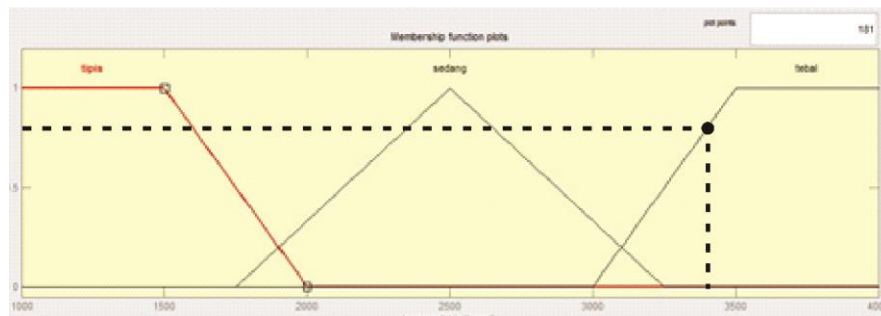


Gambar 3.17 Nilai derajat keanggotaan pada fuzzy suhu

Untuk nilai HANGAT di dapat nilai $a = 27.5$, $b = 35$, $c = 42.5$. Maka derajat keanggotaannya sebagai berikut;

$$\begin{aligned}\alpha_{(Hangat)} &= \frac{x - a}{b - a} \\ &= \frac{30 - 27.5}{35 - 27.5} = 0,33\end{aligned}$$

$$\alpha_{(Dingin)} = 0$$



Gambar 3.18 Nilai derajat keanggotaan pada fuzzy kepekatan asap

Nilai TEBAL di dapat nilai $a = 3000$, $b = 3500$, $c = 4000$, dan $d = 5080$. Maka derajat keanggotaannya sebagai berikut;

$$\begin{aligned}\alpha_{(Tipis)} &= \frac{x - a}{b - a} \\ &= \frac{3400 - 3000}{3500 - 3000} = 0,8\end{aligned}$$

Setelah mendapatkan derajat keanggotaan dari fungsi keanggotaan suhu dan kepekatan asap, gunakan aturan *conjunction* (\cap) dengan memilih derajat

keanggotaan minimum (MIN) dari nilai nilai linguistik yang telah didapat yang dihubungkan dengan (\cap), sehingga di peroleh;

IF SUHU [HANGAT] AND ASAP [TEBAL] THEN KIPAS [CEPAT]

$$\alpha_1 = \alpha_{suhuHANGAT} \cap \alpha_{asapTEBAL}$$

$$\alpha_1 = \min(\alpha_{suhuHANGAT} ; \alpha_{asapTEBAL})$$

$$\alpha_1 = \min(0,33 ; 0,8)$$

$$\alpha_1 = 0,33$$

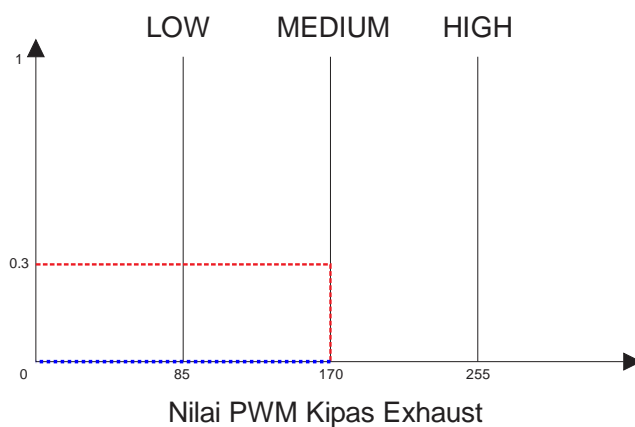
IF SUHU [DINGIN] AND ASAP [TEBAL] THEN KIPAS [CEPAT]

$$\alpha_2 = \alpha_{suhuDINGIN} \cap \alpha_{asapTEBAL}$$

$$\alpha_2 = \min(\alpha_{suhuDINGIN} ; \alpha_{asapTEBAL})$$

$$\alpha_2 = \min(0 ; 0,8)$$

$$\alpha_2 = 0$$



Gambar 3.19 Hasil penentuan daerah keanggotaan α_1 dan α_2

Metode defuzzyfikasi yang dipakai pada komposisi aturan Sugeno pada kasus ini digunakan metode *weight average* merujuk pada persamaan (2.16). Maka di dapat.

$$WA = \frac{(0,33 \times 255) + (0 \times 255)}{0,3 + 0} = 255$$

Maka dari hasil diatas membuktikan dengan masukan SUHU (30) dan ASAP (3400) menghasilkan hasil yang akurat dengan *Fuzzy Test System* menggunakan aplikasi MATLAB



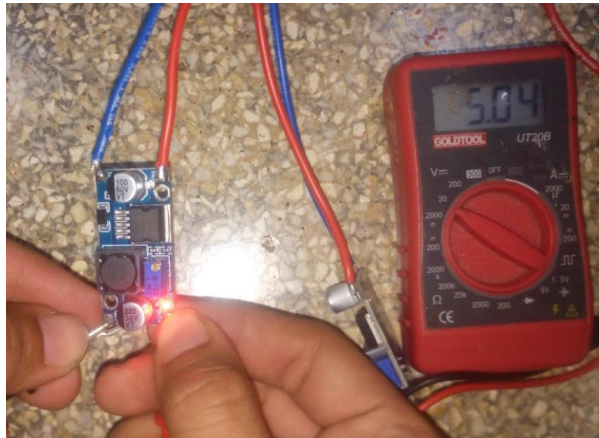
Gambar 3.19 Hasil *Fuzzy Test System* MALAB

BAB IV

PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA

4.1 Pengujian Catu Daya

Sebagai sumber daya pada mikrokontroller dan komponen didalam sistem palang pintu kereta api maka diperlukan adanya catu daya atau *power supply* untuk mengoperasikannya.

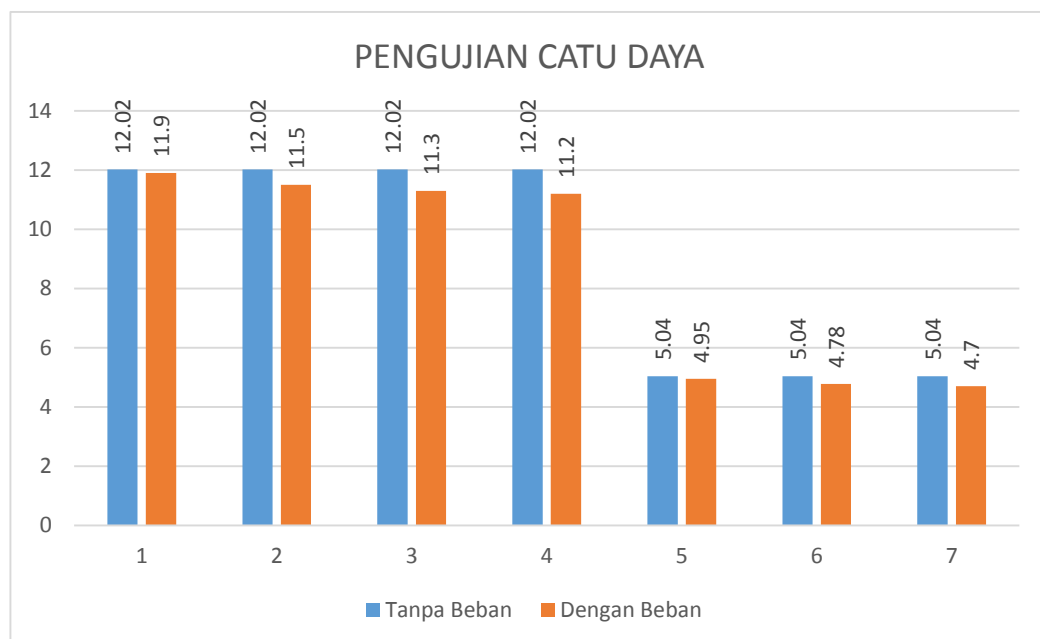


Gambar 4.1 Pengujian *Output* Catu daya

Untuk menguji kinerja dari rangkaian catu daya maka dilakukan pengujian pada modul *power supply* 12V, serta modul *step down DC – DC* LM2596 yang sudah di atur tegangan outputnya menjadi 5 Volt , pengujian dilakuakn menggunakan Multimeter digital. Berikut hasil dari pengujian yang telah dilakukan ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Pengujian tegangan output Power Supply 12V dan IC stepdown LM2596

No.	Jumlah Beban	Perangkat	Sumber Tegangan	Output Tegangan (Tanpa Beban) V DC	Pengukuran (V DC)	
					Dengan Beban	Error (%)
1	1	Power Supply 12V	220 V AC	12.02	11.9	1.01%
2	2	Power Supply 12V	220 V AC	12.02	11.5	4.52%
3	3	Power Supply 12V	220 V AC	12.02	11.3	6.37%
4	4	Power Supply 12V	220 V AC	12.02	11.2	7.32%
5	1	LM2596	12 V DC	5.04	4.95	1.82%
6	2	LM2596	12 V DC	5.04	4.78	5.44%
7	3	LM2596	12 VDC	5.04	4.70	7.23%



Gambar 4.2 Grafik pengujian *power supply*

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat hasil pengukuran tegangan output *Power Supply* yang menghasilkan tegangan output yang mendekati hasil yang sempurna sesuai dengan tegangan yang tertera pada spesifikasi *Power Supply*.

4.2 Pengujian Sensor MQ-2

Sensor MQ-2 adalah salah satu komponen sensor yang digunakan pada rancang bangun sistem pendeteksi kebakaran pada gedung ter-integrasi IoT. Sensor MQ-2 ini berfungsi untuk mendeteksi konsentrasi asap pada ruangan dan sebagai salah satu variabel input logika fuzzy pada sistem miniatur ini. Pengujian sensor MQ-2 dilakukan untuk menguji ketelitian dan keakuratan sensor tersebut.

Pengujian ini dilakukan dengan cara menampilkan pembacaan sensor pada serial monitor. Dikarnakan keterbatasan alat sebagai pembanding nilai pembacaan, pada pengujian ini di lakukan dengan memasukan sensor asap menuju botol yang telah di beri asap hasil pembakaran dengan kadar jumlah asap yang terlihat berbeda beda.



Gambar 4.3 Botol Pengujian Asap Tebal (A), Sedang (B), Tipis (C)

Sebelum pengujian sensor harus di kalibrasi terlebih dahulu agar mendapatkan hasil yang maksimal, proses kalibrasi dilakukan pada sebuah ruangan terbuka dan merujuk pada persamaan 2.19 didapatkan nilai R_0 adalah 0.75 (hasil akan selalu berbeda tergantung tingkat kebersihan udara sekitar)

Selanjutnya untuk mendapatkan nilai PPM merujuk pada persamaan (2.20), maka didapatkan;

Tabel 4.2 Hasil Pengujian sensor Gas MQ-2 terhadap asap

Waktu (detik)	Percobaan					
	Botol 1		Botol 2		Botol 3	
	PPM	VRL	PPM	VRL	PPM	VRL
1	97	1.02	1245	2.2	14896	3.5
2	172	1.24	2280	2.53	8013	3.2
3	262	1.42	4028	2.84	66404	4.09
4	256	1.41	4505	2.9	38666	3.9

4.3 Pengujian Sensor LM35

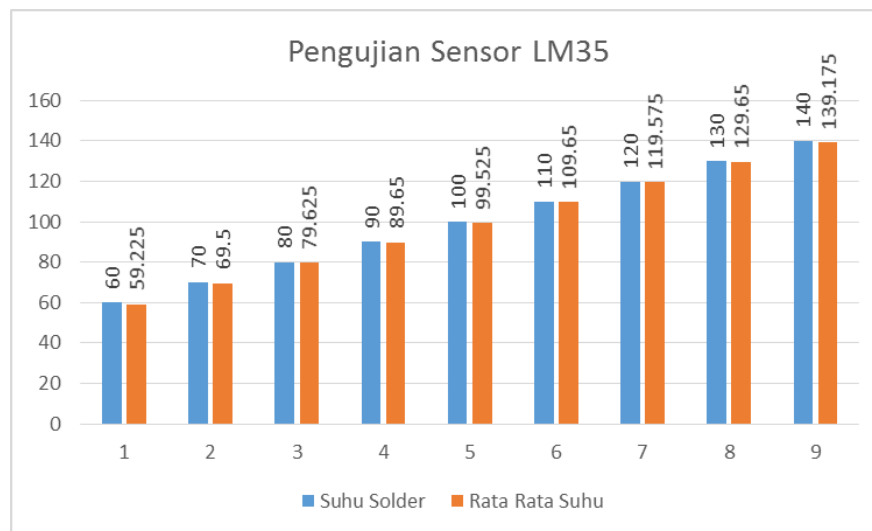
Sensor LM35 adalah salah satu sensor yang di gunakan pada rancang bangun sistem pendeteksi kebakaran pada gedung ter-integrasi IoT. Sensor LM35 ini berfungsi sebagai pendeteksi suhu pada ruangan dan sebagai salah satu variabel input logika fuzzy pada sistem miniatur ini. Pengujian sensor LM35 dilakukan untuk menguji ketelitian dan keakuratan sensor tersebut.

**Gambar 4.4** Pengujian sensor LM35

Pengujian ini dilakukan dengan cara memanaskan solder hingga suhu yang telah di tentukan, setelah itu ujung solder di dekatkan ke setiap sensor LM35 selama 3 detik agar pembacaan sensor lebih akurat, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui suhu yang di baca sensor dalam satuan *Celcius* dan nilai ADC yang di dapat dan ditampilkan dengan serial monitor. Nilai suhu didapat dengan merujuk pada persamaan (2.17)

Tabel 4.3 Pengujian sensor suhu LM35

Suhu Aktual Solder °C	LM35 (1)		LM35 (2)		LM35 (3)		LM35 (4)		Rata-Rata Error (%)
	°C	ADC	°C	ADC	°C	ADC	°C	ADC	
60	58.4	120	59.7	122	59.6	122	59.2	121	1.29
70	70	143	68.3	140	69.5	142	70.2	143	1.04
80	78.6	161	81.2	166	79	162	79.7	163	0.47
90	90.2	185	89.9	184	89.4	183	89.1	182	0.39
100	99.7	204	99.4	203	98.8	202	100.2	209	0.48
110	109.3	224	109.8	225	110	225	109.5	224	0.32
120	120.6	247	119.5	244	119.7	245	118.5	243	0.35
130	129.1	264	129.9	266	130.3	267	129.3	265	0.27
140	138.5	283	139	284	139.5	285	139.7	286	0.59



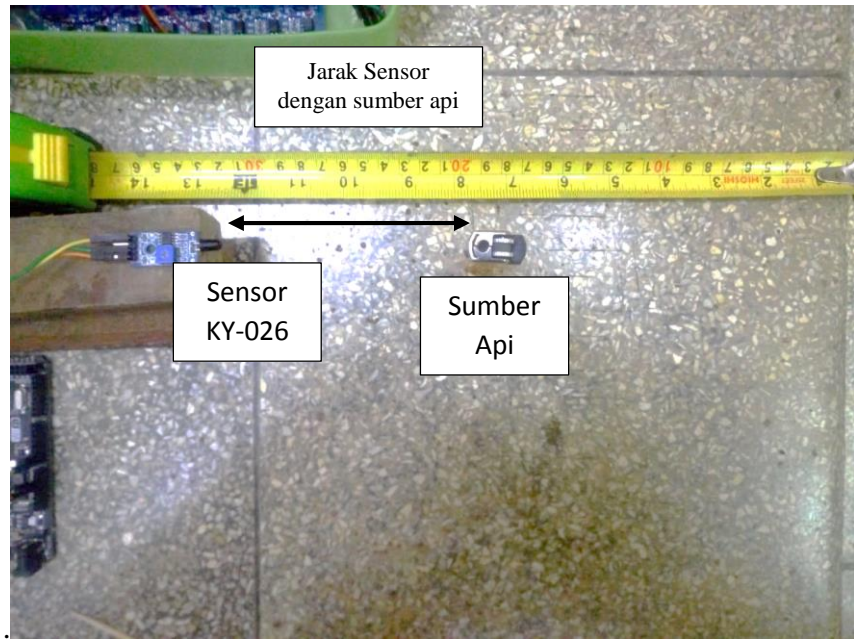
Gambar 4.5 Grafik pengujian sensor LM35

Dari Tabel 4.4 dapat dilihat hasil pengukuran sensor LM35 yang menghasilkan hasil pembacaan suhu yang mendekati hasil yang sempurna sesuai dengan suhu yang telah di tentukan.

4.4 Pengujian Sensor KY-026

Sensor KY-026 adalah salah satu sensor yang di gunakan pada rancang bangun sistem pendeteksi kebakaran pada gedung ter-integrasi IoT. Sensor KY-026

ini berfungsi sebagai pendeteksi api pada ruangan, sensor ini mendeteksi api dengan cara membaca nilai intensitas cahaya inframerah yang dihasilkan oleh api. Pengujian sensor KY-026 dilakukan untuk menguji ketelitian dan keakuratan sensor tersebut



Gambar 4.6 pengujian Sensor KY-026

Pengujian sensor ini dilakukan dengan cara menguji seberapa jauh jarak pembacaan sensor api, dengan cara menampilkan data ADC pada serial monitor

Tabel 4.4 Tabel Pengujian Sensor api KY-026

Jarak (CM)	Nilai ADC	STATUS
10	27	TERDETEKSI
15	30	TERDETEKSI
20	37	TERDETEKSI
25	40	TERDETEKSI
30	23	TERDETEKSI
40	879	TIDAK TERDETEKSI
50	1982	TIDAK TERDETEKSI

4.5 Pengujian Kecepatan Motor DC

Pengujian kecepatan motor DC ini dilakukan untuk menganalisis kecepatan putaran motor (RPM) berdasarkan nilai PWM yang diberikan dengan menggunakan tachometer untuk mengetahui ke akurasian tingkat kendali mikrokontroller terhadap motor DC. Berikut hasil pengujian pada kecepatan motor DC ditunjukkan pada tabel 4.6.



Gambar 4.7 Pengujian Kecepatan Motor DC

Tabel 4.5 Pengujian kecepatan Motor DC

Percobaan	Nilai PWM	Kecepatan (RPM)
1	85	900
2	100	1062
3	170	1688
4	200	1820
5	220	1995
6	255	2265

4.6 Pengujian Fuzzy Kecepatan

. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah nilai hasil keluaran fuzzy dari proses *rule base evaluation* dan proses defuzzyfikasi sudah sesuai dengan yang

diharapkan program. Berikut ini adalah data hasil pengujian proses defuzzyfikasi beserta tabel FAM (*Fuzzy Associative Memory*).

Tabel 4.6 Rules Fuzzy Prototype pendeteksi kebakaran

IF	Defuzzyfikasi
(suhu < 30 && asap < 2000)	LAMBAT
(suhu < 30 && 1750 < asap < 3250)	MEDIUM
(suhu < 30 && asap > 3000)	CEPAT
(27.5 < suhu < 42.5 && asap < 2000)	MEDIUM
(27.5 < suhu < 42.5 && 1750 < asap < 3250)	MEDIUM
(27.5 < suhu < 42.5 && asap > 3000)	CEPAT
(suhu > 40 && asap < 2000)	CEPAT
(suhu > 40 && 1750 < asap < 3250)	CEPAT
(suhu > 40 && asap > 3000)	CEPAT

Tabel 4.7 Pengujian Fuzzy Kecepatan

No.	Input Fuzzy		Defuzzyfikasi	Status	Kecepatan (RPM)
	Suhu	Asap			
1	20	1000	85	LAMBAT	900
2	25	1500	85	LAMBAT	900
3	30	2000	170	MEDIUM	1688
4	35	2500	170	MEDIUM	1688
5	40	3000	170	MEDIUM	1688
6	45	3500	255	CEPAT	2265
7	50	4000	255	CEPAT	2265

4.7 Pengujian Deteksi Api dan Aktivasi Pompa

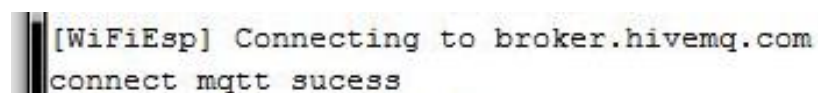
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil uji dari prototype diberikan status terbakar, apakah sudah sesuai dengan program yang telah di buat. Berikut adalah hasil pengujian dari proses pendeteksian api.

Tabel 4.8 Pengujian Pendeteksian Api

Jumlah Terbakar (Biner)	Indikator LED				Kekuatan pompa (%)
	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	
0000	ON	ON	ON	ON	0%
0001	ON	ON	ON	OFF	25%
0010	ON	ON	OFF	ON	25%
0011	ON	ON	OFF	OFF	50%
0100	ON	OFF	ON	ON	25%
0101	ON	OFF	ON	OFF	50%
0110	ON	OFF	OFF	ON	50%
0111	ON	OFF	OFF	OFF	75%
1000	OFF	ON	ON	ON	25%
1001	OFF	ON	ON	OFF	50%
1010	OFF	ON	OFF	ON	50%
1011	OFF	ON	OFF	OFF	75%
1100	OFF	OFF	ON	ON	50%
1101	OFF	OFF	ON	OFF	75%
1110	OFF	OFF	OFF	ON	75%
1111	OFF	OFF	OFF	OFF	100%

4.8 Pengujian Pengiriman Data Via IoT

Hasil Akhir dari proses pada *prototype* ini adalah berupa data PWM kipas, Jumlah Lantai yang terbakar, alamat gedung, serta status gedung akan dikirimkan menuju Web server sebelumnya arduino harus terhubung dengan broker HiveMQ terlebih dahulu yang di tandakan dengan terdapat pemberitahuan berupa tulisan yang tertulis di serial monitor



```
[WiFiEsp] Connecting to broker.hivemq.com
connect mqtt success
```

Gambar 4.8 Notifikasi telah terhubung dengan HiveMQ Broker

Selanjutnya website <https://fred.sensetecnic.com/> lalu login dengan menggunakan akun yang telah di daftarkan. Selanjutnya masuk ke menu dashboard untuk menampilkan UI dari Website yang telah di buat sebelumnya (Tampilan UI Website terlampir).

Data PWM kipas, Jumlah Lantai yang terbakar, alamat gedung, serta status gedung dikirimkan setiap 0.5 detik dengan interval rata - rata waktu pengiriman data dari esp8266 menuju server adalah 2 detik, dengan alur pengiriman data Arduino → HiveMQ Broker → Webservice

Proses pengiriman data ditandakan dengan terdapat *notifikasi* berupa tulisan pada serial monitor, jika berhasil akan tertulis "*Success sending message*" jika tidak berhasil akan tertulis "*error sending message*"

```
Sending message to MQTT topic..  
{"rule00_1":0.00,"rule01_1":0.00,"rule02_1":0.75,"r  
640  
Success sending message  
02 48 11 2041 11 075 300
```

Gambar 4.9 Notifikasi data berhasil dikirimkan

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, analisis data dan pengujian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan tentang kinerja dari sistem yang telah dibuat, yaitu sebagai berikut;

- a. Dari hasil pengujian sistem pendeteksi kebakaran pada gedung jenis gas sangat berpengaruh pada input *fuzzy logic* dikarenakan nilai yang dihasilkan sensor MQ-2 selalu berubah dan tergantung pada jenis konsentrasi gas yang ingin dideteksi.
- b. Sistem pendeteksi kebakaran prototype di simulasi kebakaran ini telah mampu memadamkan api serta membuang gas dan asap yang membahayakan manusia pada ruangan yang terjadi kebakaran.
- c. Jenis koneksi internet yang dapat digunakan pada prototype ini hanya dapat menggunakan koneksi Wi-Fi yang berasal dari Hotspot Android.
- d. Jaringan internet yang digunakan diwajibkan menggunakan jaringan internet yang stabil tanpa ada gangguan dari aktifitas lain supaya pengiriman data berjalan lancar tanpa adanya error.
- e. Nilai PPM yang di dapatkan sensor MQ-2 bersifat tak tetap karena bergantung pada ketepatan saat melakukan kalibrasi sensor, dimana saat kalibrasi sensor dibutuhkan nilai kadar PPM terendah atau udara yang cukup bersih pada ruangan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dr. Eng R.H Sianipar. 2017 *Matlab Untuk Mahasiswa*. Yogyakarta : ANDI.
2. Kusumadewi, Sri. Purnomo, Hari. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan Edisi 2*. Yogyakarta : GRAHA ILMU.
3. Kusumadewi, Sri. 2002. *Analisis & Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Yogyakarta : GRAHA ILMU.
4. Heri Andrianto, Aan Darmawan. 2016 *ARDUINO Belajar Cepat dan Pemrograman*. Bandung :INFORMATIKA
5. <https://sonoku.com/>. 2015. *Implementasi Fuzzy Logic Controller untuk Kontrol Kecepatan Motor DC pada Prototype Kipas Angin*
<https://sonoku.com/implementasi-fuzzy-logic-controller-untuk-kontrol-kecepatan-motor-dc-pada-prototype-kipas-angin/>
6. Narin Labotary. 2016. *Menghitung Output Logika Fuzzy secara Matematis*.
<https://www.youtube.com/watch?v=G6RI-eWjw7s&t=1s>
7. Totok Budioko. 2016. *Sistem Monitoring Suhu Jarak Jauh Berbasis Internet Of Things Menggunakan Protokol Mqtt*. Jurnal STMIK AKAKOM YOGYAKARTA
8. www.anakkendali.com. 2019. *E-Book Tutorial ESP8266 Modul IOT*
<https://www.scribd.com/document/402110923/EBOOK-Tutorial-ESP8266-Modul-IOT-www-anakkendali-com-pdf>
9. Rachmad Andri Atmoko, S.ST, M.T. 2019. *Dasar Implementasi Protokol MQTT Menggunakan Python dan NodeMCU*. Mokosoft Media