

**SISTEM MONITORING DAN KEAMANAN DAPUR
DENGAN PENENTUAN TINGKAT BAHAYA
BERBASIS IOT**



LAPORAN TUGAS AKHIR

**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Pendidikan
Pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi
Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya**

**OLEH :
M.MARJUAN QOBLA
062140352398**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2025**

**LEMBAR PENGESAHAN
SISTEM MONITORING DAN KEAMANAN DAPUR
DENGAN PENENTUAN TINGKAT BAHAYA
BERBASIS IOT**



LAPORAN TUGAS AKHIR

**OLEH:
M.MARJUAN QOBLA
062140352398**

Palembang,2025

Menyetujui

Pembimbing I

**Ir. Suroso, M.T.
NIP. 196207191993031003**

Pembimbing II

**Ir. Jon Endri, M.T.
NIP. 196201151993031001**

Mengetahui

**Ketua Jurusan
Teknik Elektronika**



**Dr. Ir. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom, IPM.
NIP. 197907222008011007**

**Kordinator Program Studi
Program Terapan Teknik Telekomunikasi**

**Mohammad Fadhli, S.Pd., M.T.
NIP. 199004032018031001**

MOTTO

“Direndahkan dimata manusia, ditinggikan dimata tuhan, *prove them wrong*”

(*Q.S Al-mujadalah:11*)

"Selesai bukan karena kuat, tapi karena tak punya tempat untuk mundur. Di balik lembar ini, ada malam-malam hampa yang terlalu sering ditemani kopi, sepi, dan tangis diam-diam."

(*M.Marjuan Qobla*)

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(*Q.S Al.Insyirah:5*)

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Swt. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah- Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan menyelesaikan laporan proposal tugas akhir dengan tepat waktu.

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah swt. atas limpahan nikmat sehat, baik berupa sehat fisik maupun akal pikiran sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan proposal dengan baik.

Proposal ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada program Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi di Politeknik Negeri Sriwijaya. Dalam penyusunan proposal ini, kami mendapatkan banyak dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Suroso, M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan arahan, masukan, serta bimbingan dalam penyusunan proposal ini .
2. Ir. Jon Endri, M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan arahan, masukan, serta bimbingan dalam penyusunan proposal ini .
3. Dr. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom, selaku ketua jurusan elektro Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberikan izin dan dukungan dalam pelaksanaan tugas akhir ini.
4. Mohammad Fadhli, S.Pd, M.T selaku ketua program studi Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi yang telah memberikan izin dan dukungan dalam pelaksanaan tugas akhir ini.
5. Orang tua dan keluarga, yang selalu memberikan doa, dukungan serta motivasi dalam menyelesaikan studi ini.
6. Rudy Mustaqim , Gilang fatah kumara, Kgs.Dian Akbar T, Rendy Alamsyah, selaku sohib akrab, kental, dan sudah dianggap penulis sendiri sebagai keluarga, yang telah memberikan dukungan mental terhadap penulis selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini.

Saya menyadari bahwa Tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saya sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang

membangun untuk penyempurnaan tugas akhir ini. Semoga Tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan menjadi referensi bagi mahasiswa lainnya.

Palembang,2025

Penulis

M. Marjuan Qobla

ABSTRAK

Keamanan dapur merupakan aspek penting dalam mencegah risiko kebakaran dan kebocoran gas, terutama akibat penggunaan LPG. Penelitian ini merancang sistem monitoring dan keamanan dapur berbasis Internet of Things (IoT) dengan pendekatan logika fuzzy untuk menentukan tingkat bahaya. Sistem memanfaatkan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor TGS 2611 (gas), BME280 (suhu dan kelembapan), serta Flame Sensor (api). Data yang diperoleh dikirim secara real-time melalui protokol MQTT ke aplikasi Kodular. Pemrosesan fuzzy mengklasifikasikan kondisi menjadi Aman, Waspada, atau Bahaya, dan hasilnya melalui defuzzifikasi diubah menjadi nilai numerik yang mengontrol aktuator seperti kipas, pompa air, dan valve gas, dengan intensitas yang diatur melalui PWM. Maka dapat disimpulkan bahwa sistem ini terbukti mampu mendeteksi kondisi berbahaya secara cepat dan akurat, serta memberikan respons otomatis yang proporsional berdasarkan tingkat risiko. Penggunaan logika fuzzy memungkinkan sistem melakukan interpretasi bertahap terhadap data sensor, menjadikannya lebih fleksibel dan cerdas dibanding sistem berbasis logika biner. Selain meningkatkan keselamatan, sistem ini juga mendukung penerapan dapur pintar yang adaptif dan efisien dalam pemantauan lingkungan secara real-time. Dan saran ke depan mencakup integrasi sistem pemadam kebakaran otomatis, penambahan sensor asap untuk meningkatkan akurasi deteksi, pengembangan notifikasi berbasis lokasi, serta pemanfaatan energi terbarukan seperti panel surya guna menjaga keandalan sistem saat terjadi gangguan listrik.

Kata Kunci : ESP32; Internet of Things; Keamanan Dapur; Logika Fuzzy; Sensor Gas

DAFTAR ISI

MOTTO	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	3
BAB II	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Internet Of Things (IoT) dalam Sistem Monitoring dan Keamanan	4
2.2. Mikrokontroler ESP32.....	5
2.3 Sensor TGS 2611	6
2.3.1 Prinsip Kerja Sensor TGS 2611	7
2.3.2 Karakteristik Sensor TGS 2611	8
2.3.3 Implementasi Sensor TGS 2611	8
2.3.4 Perbandingan Dengan Sensor Gas Lainnya.....	9
2.4. Micro Water Pump	10
2.4.1 Jenis Jenis <i>Micro Water Pump</i>	10
2.4.2 Prinsip Kerja <i>Water Pump</i>	10
2.4.3 Keunggulan Micro Water Pump	11
2.4.4 Kelemahan Micro Water Pump	11
2.5 Modul Step-Down (LM2596).....	12
2.5.1 Prinsip Kerja Modul <i>Step-Down</i>	12
2.5.2 Contoh Modul <i>Step Down</i>	12
2.5.3 Jenis Jenis Modul <i>Step Down</i>	12
2.6. Sensor BMP 280.....	14
2.6.1 Prinsip kerja	15
2.6.2 Kelebihan Sensor BMP 280.....	15

2.6.3 Kekurangan Sensor BMP 280.....	15
2.6.4 Implementasi Dalam Sistem Monitoring.....	16
2.7 Modul Relay	16
2.7.1 Spesifikasi Teknis	17
2.7.2 Prinsi Kerja	17
2.7.3 Kelebihan	17
2.7.4 Kekurangan	18
2.8 Fuzzy	18
2.8.1 Implementasi Dalam Sistem Kontrol.....	18
2.8.2 Macam Macam <i>Fuzzy</i>	18
2.9 Arduino.....	19
2.9.1 Prinsip Kerja Arduino	20
2.9.2 Kelebihan Arduino.....	20
2.9.3 Kekurangan Arduino.....	21
2.9.4 Implementasi Arduino	21
2.10 Studi Terkait Dalam Pengembangan Smart Kitchen Berbasis (IoT). 21	
2.11 MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)	22
2.11.1 Prinsip Kerja MQTT	23
2.11.2 Struktur Pesan MQTT.....	23
2.11.3 Kelebihan MQTT.....	24
2.11.4 Kekurangan MQTT.....	24
2.11.5 Implementasi MQTT dalam Sistem Smart Kitchen	24
2.12 Kodular.....	25
2.12.1 Kelebihan Kodular	26
2.12.2 Kekurangan Kodular.....	26
BAB III.....	28
METODELOGI PENELITIAN.....	28
3.1. Metode Penelitian	28
3.1.1 Tahapan Dalam Penelitian R&D	28
3.1.2 Contoh Penerapan Metode R&D	29
3.2 Diagram Blok.....	29
3.2.1 Input	30
3.2.2 Proses	30
3.2.3 Output	31

3.3 Flowchart Operasional Alat	32
3.4 Rangkaian Kelistrikan	35
3.5 Desain 3D.....	37
BAB IV	41
HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 <i>Overview</i> Sistem	41
4.2 <i>Overview</i> Pengujian	43
4.3 Langkah-Langkah Pengambilan Data	44
4.4 Penjelasan Konsep <i>Fuzzy</i>	45
4.4.1 Kurva Keanggotaan <i>Fuzzy</i> Suhu.....	45
4.4.2 Kurva Keanggotaan <i>Fuzzy</i> Sensor Gas TGS-2611	47
4.4.3 Aturan Basis <i>Fuzzy</i>	48
4.4.4 Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Buzzer</i>	50
4.4.5 Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Fan</i>	52
4.5 Pengujian Sensor Terhadap Gas.....	54
4.5.1 Percobaan Sensor <i>Flame</i>	54
4.5.2 Percobaan Sensor Gas TGS 2611 Dan BMP 280	55
4.5.3 Percobaan <i>Fuzzy</i>	57
BAB V.....	60
KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mikrokontroler ESP32[6].....	5
Gambar 2. 2 Sensor TGS2611[10].....	6
Gambar 2. 3 Sensor BMP280 [20].....	14
Gambar 2. 4 Modul Relay [21]	16
Gambar 2. 5 Arduino Uno[24].....	19
Gambar 2. 6 Tampilan Kodular	25
 Gambar 3. 1 Diagram Blok.....	 29
Gambar 3. 2 Flowchart Operasional Alat	33
Gambar 3. 3 Rangkaian Kelistrikan.....	36
Gambar 3. 4 Tampak Depan Desain	38
Gambar 3. 5 Tampak Bawah Desain	38
Gambar 3. 6 Tampak Belakang Desain	39
 Gambar 4. 1 Perancangan Perangkat Keras	 41
Gambar 4. 2 Perancangan Sistem	42
Gambar 4. 3 Kurva Keanggotaan Fuzzy Suhu.....	45
Gambar 4. 4 Kurva Keanggotaan Fuzzy Sensor Gas TGS-2611	47
Gambar 4. 5 Fungsi Keanggotaan Fuzzy Buzzer.....	51
Gambar 4. 6 Fungsi Keanggotaan Fuzzy Fan	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Beberapa Sensor	9
Tabel 4. 1 Aturan Basis <i>Fuzzy</i>	49
Tabel 4. 2 Tabel Percobaan Sensor Flame.....	54
Tabel 4. 3 Percobaan sensor gas TGS 2611 Dan BMP 280	56
Tabel 4. 4 Percobaan Fuzzy	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk di bidang rumah tangga dan industri kuliner. Salah satu implementasi yang menarik perhatian adalah sistem smart kitchen, yang mengintegrasikan berbagai perangkat pintar untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam kegiatan memasak[1]. Penggunaan perangkat IoT memungkinkan pemantauan dan pengendalian peralatan dapur secara real-time melalui jaringan internet, sehingga dapat meminimalkan risiko kecelakaan seperti kebocoran gas, korsleting listrik, atau kebakaran akibat kelalaian pengguna[2].

Di Indonesia, kasus kebakaran akibat kelalaian di dapur masih menjadi permasalahan yang sering terjadi. Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana[3]. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring dan keamanan berbasis IoT yang mampu mendeteksi potensi bahaya secara otomatis dan memberikan peringatan dini kepada pengguna melalui aplikasi seluler atau perangkat komunikasi lainnya[4].

Sistem monitoring dan keamanan smart kitchen berbasis IoT dirancang untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan mengintegrasikan sensor gas, sensor suhu, dan kamera pengawas yang dapat mengirimkan data secara real-time ke cloud computing. Dengan adanya teknologi ini, pengguna dapat memantau kondisi dapur dari jarak jauh serta menerima notifikasi jika terjadi keadaan darurat, seperti kebocoran gas atau kenaikan suhu yang berlebihan[5]. Menurut saya Implementasi sistem ini tidak hanya meningkatkan keselamatan pengguna, tetapi juga mendukung konsep smart home yang lebih efisien dan modern.

Berdasarkan urgensi dan perkembangan teknologi yang ada, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem

monitoring dan keamanan smart kitchen berbasis IoT yang dapat meningkatkan keamanan serta memberikan solusi inovatif bagi pengguna rumah tangga maupun industri makanan. Dengan pendekatan ini, diharapkan teknologi IoT dapat lebih dioptimalkan untuk menciptakan lingkungan dapur yang lebih aman, nyaman, dan terkendali secara otomatis.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, terdapat beberapa permasalahan utama yang menjadi fokus dalam rancang bangun sistem monitoring dan keamanan dapur pintar, yaitu :

1. Bagaimanakah rancang bangun sistem monitoring dan keamanan berbasis IoT pada dapur untuk mendeteksi potensi bahaya seperti kebocoran gas, dan suhu berlebih ?.
2. Bagaimanakah kebenaran notifikasi real-time kepada pengguna untuk meningkatkan keamanan dan mengurangi resiko kecelakaan di dapur ?.

1.3. Batasan Masalah

Rancang bangun ini hanya befokus pada perancangan dan implementasi Sistem Monitoring dan Keamanan Dapur Berbasis IoT, yang mencakup deteksi kebocoran gas,dan suhu berlebih pada alat dapur seperti kompor atau oven, pemantauan dilakukan melalui handphone sehingga pengguna dapat memantau secara real-time. Pemantauan hanya dilakukan dalam skala dapur industri/konvensional, fokus utama penelitian hanya fungsionalitas dasar monitoring dan keamanan dapur berbasis IoT.

1.4. Tujuan

Rancang bangun sistem monitoring dan keamanan dapur ini bertujuan untuk meningkatkan aspek keamanan serta efisiensi penggunaan perangkat dapur agar dapat mendeteksi kebocoran gas. Tujuan lainnya adalah membangun sistem notifikasi real-time yang memungkinkan pengguna menerima peringatan melalui aplikasi berbasis internet.

1.5. Manfaat

Secara teoritis, penelitian ini menjadi referensi bagi pengembangan teknologi IoT dalam sistem rumah pintar. Sedangkan secara praktis yaitu memberikan manfaat langsung yaitu pengguna dapat memperoleh peringatan dini terhadap potensi bahaya seperti kebocoran gas dan suhu berlebih secara real-time.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Internet Of Things (IoT) dalam Sistem Monitoring dan Keamanan

Internet of Things (IoT) merupakan paradigma teknologi yang memungkinkan perangkat elektronik untuk saling berkomunikasi dan bertukar data melalui jaringan internet tanpa interaksi manusia secara langsung [1]. IoT telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk rumah pintar (*smart home*), industri, kesehatan, dan transportasi. Salah satu implementasi yang berkembang pesat adalah dalam sistem keamanan dapur, yang bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan pengguna dengan memanfaatkan sensor, aktuator, serta konektivitas berbasis cloud[2].

Dari beberapa sumber diatas dapat diperoleh beberapa keunggulan,diantaranya :

1. Pemantauan Real-Time : dapat dikirim dan dianalisis secara langsung melalui aplikasi seluler maupun platform lainnya.
2. Perangkat IoT memungkinkan pengguna untuk memonitor alat dapur dari jarak jauh
3. Dapat mengirimkan peringatan otomatis melalui notifikasi ke ponsel atau sistem keamanan rumah jika terdeteksi kebocoran gas atau kenaikan suhu yang berbahaya.

Dari beberapa keunggulan diatas dapat diambil point bahwasannya IoT menjadi elemen kunci dalam pengembangan sistem *Smart Kitchen* yang aman, efisien, dan mudah dipantau serta dikendalikan.

2.2. Mikrokontroler ESP32



Gambar 2. 1 Mikrokontroler ESP32[6]

ESP32 merupakan mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pengembangan perangkat berbasis IoT karena memiliki prosesor dual-core, konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, serta konsumsi daya yang rendah[2]. Dibandingkan dengan pendahulunya, ESP8266, ESP32 menawarkan peningkatan dalam hal kecepatan pemrosesan, efisiensi daya, serta fitur keamanan yang lebih canggih. Dengan dukungan modul Wi-Fi 802.11 b/g/n dan Bluetooth Low Energy (BLE), ESP32 dapat digunakan untuk komunikasi nirkabel dalam sistem IoT, memungkinkan perangkat berinteraksi dengan cloud atau aplikasi seluler secara real-time[7]

ESP32 dirancang untuk menangani berbagai tugas secara efisien, termasuk pemrosesan data sensor, komunikasi nirkabel, dan integrasi dengan berbagai protokol IoT seperti MQTT, HTTP, dan WebSocket. Selain itu, ESP32 mendukung Over-the-Air (OTA) firmware updates, yang memungkinkan pembaruan perangkat lunak tanpa perlu koneksi fisik, menjadikannya ideal untuk sistem smart kitchen yang memerlukan pemeliharaan jarak jauh[8].

Dari beberapa kutipan diatas dapat disimpulkan beberapa keunggulan dari Mikrokontroler ESP32, antara lain :

1. Dukungan jaringan wi-fi dan bluetooth *Low Energy*, yang memungkinkan komunikasi yang cepat dan stabil dengan perangkat lain serta meningkatkan fleksibilitas dalam implementasi sistem.
2. Kemampuan *multitasking* yang memungkinkan pemrosesan data dari sensor dan aktuator secara bersamaan serta mempercepat eksekusi perintah dalam sistem.
3. Kompatibilitas dengan berbagai sensor dan modul, seperti sensor gas (MQ07), sensor suhu, dan *relay* untuk mengatur katup *valve*.
4. Konsumsi daya rendah, yang menjadikannya ideal untuk aplikasi yang membutuhkan operasional jangka panjang tanpa sering mengganti sumber daya, terutama dalam perangkat IoT yang harus bekerja secara terus menerus.

Dalam sistem keamanan dapur pintar, ESP32 berperan sebagai pusat kendali utama yang mengolah data dari sensor dan mengontrol perangkat seperti valve katup untuk menutup suplai gas saat terjadi kebocoran. Selain itu, ESP32 dapat menjalankan algoritma kecerdasan buatan ringan (TinyML) untuk mendeteksi pola penggunaan gas abnormal, sehingga dapat memberikan peringatan dini kepada pengguna sebelum terjadi insiden yang berbahaya. Dengan fitur pemrosesan sinyal dan pengambilan keputusan secara mandiri, ESP32 dapat mengurangi ketergantungan pada server eksternal dan meningkatkan ketahanan sistem terhadap kegagalan jaringan atau gangguan eksternal lainnya[9]

2.3 Sensor TGS 2611



Gambar 2. 2 Sensor TGS2611[10]

Hidro karbon (HC) merupakan gas yang tidak begitu merugikan manusia, akan tetapi merupakan penyebab terjadinya kabut campuran asap (smoke). Pancaran hidro karbon yang terdapat pada gas buang berbentuk gasoline yang tidak terbakar. Hidrokarbon terdapat pada proses penguapan bahan bakar pada tangki, karburator, serta kebocoran gas yang melalui celah antara silinder engkol yang biasa disebut gas lalu. Untuk batas emisi gas hidrokarbon di Indonesia berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup sudah ditetapkan ambang batas maksimum HC yaitu 2000 ppm untuk kendaraan beroda 2 dan beroda 3. Untuk kendaraan beroda 4 atau beroda lebih dari 4 ditetapkan ambang batas maksimum HC yaitu 200 ppm (part per million) [28]. Sensor HC yang digunakan pada sistem ini adalah sensor Sensor TGS 2611 dari figaro ini memiliki tingkat sensitivitas dan selektifitas yang baik terhadap gas metana (CH_4).

Sensor ini mempunyai nilai resistansi R_s yang akan berubah bila terkena gas metana dan juga memiliki sebuah pemanas (heater) yang berfungsi untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar. Sensor TGS 2611 membutuhkan tegangan sumber sebesar 5 Volt yang teregulasi dengan baik. Sensor ini memerlukan dua buah tegangan masukan yakni tegangan pemanas (VH) dan tegangan rangkaian (VC).[10]

2.3.1 Prinsip Kerja Sensor TGS 2611

Sensor TGS 2611 bekerja berdasarkan perubahan resistansi oksida timah (SnO_2) yang terdapat pada permukaannya. Material ini memiliki karakteristik yang memungkinkan resistansi listriknya berubah ketika bersentuhan dengan gas CO.

Prinsip kerjanya adalah sebagai berikut:

1. Saat gas karbon monoksida hadir, molekul CO akan bereaksi dengan material SnO_2 , mengubah tingkat konduktivitas sensor.
2. Perubahan konduktivitas ini menghasilkan perubahan tegangan output, yang kemudian dapat diukur dan dikonversikan menjadi nilai konsentrasi gas CO dalam part per million (ppm)
3. Tegangan keluaran dari sensor ini kemudian dikirim ke mikrokontroler ESP32, yang akan menganalisis data dan menentukan apakah konsentrasi gas CO berada dalam batas aman atau sudah melebihi ambang batas yang membahayakan.

Jika nilai melebihi ambang batas (biasanya >200 ppm), sistem akan

memberikan peringatan dini berupa notifikasi di aplikasi seluler, menyalakan alarm, serta mengaktifkan *Water Pump* valve untuk memutus aliran gas guna mencegah insiden berbahaya

2.3.2 Karakteristik Sensor TGS 2611

Beberapa karakteristik utama dari sensor TGS 2611 yang membuatnya ideal untuk digunakan dalam sistem keamanan dapur pintar adalah:

1. Sensitivitas tinggi terhadap gas karbon monoksida (CO), sehingga dapat mendeteksi kebocoran gas lebih cepat dibandingkan metode konvensional[11]
2. Dua mode kerja utama: sensor TGS 2611 memiliki mode pemanasan dan pengukuran, yang diperlukan untuk memastikan akurasi deteksi gas[8]
3. Tegangan keluaran dari sensor ini kemudian dikirim ke mikrokontroler ESP32, yang akan menganalisis data dan menentukan apakah konsentrasi gas CO berada dalam batas aman atau sudah melebihi ambang batas yang membahayakan.
4. Jika nilai melebihi ambang batas (biasanya >200 ppm), sistem akan memberikan peringatan dini berupa notifikasi di aplikasi seluler, menyalakan alarm, serta mengaktifkan *Water Pump* valve untuk memutus aliran gas guna mencegah insiden berbahaya[12]

2.3.3 Implementasi Sensor TGS 2611

Dalam sistem monitoring dan keamanan dapur pintar berbasis IoT, sensor TGS 2611 memiliki peran yang sangat vital. Implementasi sensor ini dalam sistem smart kitchen dilakukan melalui langkah-langkah berikut:

1. Pemasangan sensor di area strategis dalam dapur, seperti dekat kompor gas, tabung gas, atau sistem ventilasi. Lokasi ini penting agar sensor dapat mendeteksi kebocoran gas secara lebih cepat dan akurat.
2. Konektivitas dengan mikrokontroler ESP32, yang bertugas membaca data sensor dan mengolahnya untuk mengambil keputusan secara real-time.
3. Pengaturan ambang batas keamanan, di mana jika konsentrasi gas melebihi nilai yang telah ditentukan, sistem akan langsung memberikan notifikasi

peringatan.

4. Integrasi dengan sistem notifikasi, seperti peringatan suara melalui buzzer atau alarm, serta pengiriman notifikasi langsung ke smartphone pengguna melalui aplikasi berbasis IoT.

Otomasi sistem pengaman, di mana ESP32 akan secara otomatis mengaktifkan *Water Pump* valve untuk menutup aliran gas guna mencegah risiko kebakaran atau ledakan akibat kebocoran gas CO.

2.3.4 Perbandingan Dengan Sensor Gas Lainnya

Selain sensor TGS 2611, terdapat beberapa sensor lain yang juga digunakan untuk deteksi gas dalam sistem keamanan dapur, seperti MQ-2, MQ-3, dan MQ-9. Berikut adalah perbandingannya:

Tabel 2. 1 Perbandingan Beberapa Sensor

Sensor	Gas yang Dapat Dideteksi	Sensitivitas CO	Waktu Respons	Konsumsi Daya
TGS 2611	CO, Metana	Tinggi	30-60 detik	Rendah
MQ-2	LPG, CO, Alkohol, Asap	Sedang	20-30 detik	Sedang
MQ-3	Alkohol, Benzene, CO	Rendah	30-40 detik	Sedang
MQ-9	CO, Metana, LPG	Tinggi	20-30 detik	Tinggi

Berdasarkan tabel tersebut, sensor TGS 2611 menjadi pilihan yang optimal untuk sistem smart kitchen karena memiliki sensitivitas tinggi terhadap gas CO, konsumsi daya yang lebih rendah dibandingkan dengan MQ-9, serta tetap memiliki respons cepat dalam mendeteksi kebocoran gas.

2.4. *Micro Water Pump*

Micro water pump atau mikropompa air adalah perangkat miniatur yang digunakan untuk memindahkan fluida dalam sistem skala mikro, seperti dalam mikrofluida, sistem pendingin elektronik, alat medis portabel, dan irigasi presisi. Mikropompa memiliki peran penting dalam sistem modern karena kemampuannya untuk mengatur aliran cairan dalam volume sangat kecil dengan akurasi tinggi.[13]

2.4.1 *Jenis Jenis Micro Water Pump*

Dalam Secara umum, mikropompa diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yaitu **mikropompa aktif** dan **mikropompa pasif**. Mikropompa aktif menggunakan sumber energi eksternal dan aktuator seperti piezoelektrik, elektromagnetik, atau elektrostatik. Sebaliknya, mikropompa pasif memanfaatkan gaya alami seperti kapilaritas atau osmosis tanpa komponen mekanis yang kompleks.[14]

2.4.2 *Prinsip Kerja Water Pump*

Micro water pump (mikropompa air) bekerja berdasarkan prinsip perpindahan fluida dalam skala mikro dengan mengandalkan gaya fisik tertentu, baik secara aktif maupun pasif. Prinsip kerja ini sangat bergantung pada jenis aktuator, struktur kanal, serta kebutuhan aplikasi seperti presisi aliran, efisiensi energi, dan skala miniatur. Secara umum, mikropompa dapat dibedakan menjadi dua jenis utama berdasarkan mekanismenya, yaitu **mikropompa aktif** dan **mikropompa pasif**[14].

a. **Mikropompa Piezoelektrik (Aktif)**

Pada pompa piezoelektrik, elemen piezo (biasanya bahan seperti PZT – lead zirconate titanate) mengalami deformasi saat diberi tegangan. Deformasi ini menyebabkan membran elastis bergerak naik-turun, sehingga menghasilkan siklus hisap dan dorong pada ruang fluida. Fluida kemudian diarahkan oleh katup pasif (check valve) atau melalui mekanisme nozzle/diffuser . Mikropompa jenis ini banyak digunakan karena kemampuannya menghasilkan aliran kontinu dengan

kontrol presisi tinggi serta konsumsi daya yang relatif rendah[15].

b. Mikropompa Termopneumatik atau Bubble (Aktif)

Jenis pompa ini memanfaatkan pemanasan resistif untuk menghasilkan gelembung mikro (micro-bubble) dalam ruang fluida. Pembentukan dan runtuhnya gelembung menciptakan dorongan mekanik yang memindahkan fluida. Prinsip ini umum diterapkan pada sistem lab-on-chip karena integrasinya yang baik dalam chip mikrofluida [16].

2.4.3 Keunggulan Micro Water Pump

Dibandingkan dengan metode manual, sistem *Water Pump* otomatis dalam sistem keamanan dapur memiliki beberapa keunggulan utama:

1. Respon cepat terhadap kebocoran gas, sehingga dapat mencegah potensi kebakaran atau ledakan.
2. Dapat dikendalikan secara jarak jauh, memungkinkan pengguna untuk menutup atau membuka aliran gas tanpa perlu berada di lokasi.
3. Dapat dikombinasikan dengan sensor tambahan, seperti sensor suhu dan kelembaban, untuk meningkatkan keamanan dapur secara menyeluruh.
4. Meminimalisir risiko human error, karena proses penghentian aliran gas dilakukan secara otomatis oleh sistem IoT[11]

2.4.4 Kelemahan Micro Water Pump

Selain keunggulan maka ada juga kelemahan yang ada pada *Water Pump* antara lain adalah sebagai berikut :

1. **Efisiensi rendah**, umumnya jauh di bawah efisiensi turbin yang dirancang khusus. PAT sering memberikan efisiensi hanya sekitar 5 % pada aliran dan konfigurasi tertentu
2. **Kurang optimal tanpa modifikasi impeller atau konfigurasi hidrolik**. Pompa pabrik (tidak dimodifikasi) seringkali menghasilkan efisiensi rendah karena desain tidak untuk pengoperasian terbalik.
3. **Rentan terhadap aliran rendah**. PAT tidak dapat berputar atau menghasilkan daya signifikan bila aliran air terlalu kecil.

4. **Masalah sistem mekanik miniatur.** Pada riset kendali untuk micro water pump, tingkat error cukup tinggi sehingga perlu kalibrasi rutin.[17]

2.5 Modul Step-Down (LM2596)

Modul step-down adalah perangkat elektronik yang berfungsi untuk menurunkan tegangan input DC ke level tegangan output DC yang lebih rendah dan stabil. Modul ini sangat penting dalam berbagai aplikasi elektronik, terutama ketika perangkat membutuhkan tegangan operasi yang spesifik dan berbeda dari sumber daya yang tersedia.

2.5.1 Prinsip Kerja Modul Step-Down

Modul step-down bekerja berdasarkan prinsip **konverter DC-DC buck**, di mana tegangan input yang lebih tinggi dikonversi menjadi tegangan output yang lebih rendah .

Melalui pengaturan duty cycle dari sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*). Proses ini melibatkan penyimpanan dan pelepasan energi secara efisien menggunakan komponen seperti induktor, kapasitor, dan saklar elektronik.

2.5.2 Contoh Modul Step Down

Salah satu modul step-down yang populer adalah **LM2596**. Modul ini mampu menurunkan tegangan dari rentang 4,5V–28V menjadi 0,8V–20V dengan arus output maksimal hingga 3A. Keunggulan utama LM2596 adalah kemampuannya untuk menjaga tegangan output tetap stabil meskipun terjadi fluktuasi pada tegangan input. Hal ini menjadikannya pilihan ideal untuk berbagai aplikasi yang memerlukan suplai daya yang andal.[18]

2.5.3 Jenis Jenis Modul Step Down

Modul step-down atau buck converter merupakan komponen elektronik yang digunakan untuk menurunkan tegangan DC dari level tinggi ke level yang lebih rendah dengan efisiensi tinggi. Dalam konteks rekayasa daya dan sistem tertanam (embedded systems), berbagai varian topologi buck converter telah dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan aplikasi berbeda, mulai dari perangkat

IoT hingga sistem tenaga industri.

Klasifikasi dan penjelasan beberapa jenis modul *Step Down* Yaitu :

1. Buck Converter Konvensional (Asynchronous)

Merupakan bentuk paling dasar dari buck converter, yang menggunakan satu saklar aktif (biasanya MOSFET) dan satu dioda sebagai jalur arus bebas (freewheeling). Meskipun sederhana, tipe ini memiliki efisiensi yang cukup tinggi (~80–90%) dalam aplikasi beban ringan. Kelemahannya efisiensi menurun saat arus tinggi karena rugi daya pada dioda.

2. Synchronous Buck Converter

Menggantikan dioda dengan transistor MOSFET kedua yang dikendalikan secara sinkron. Tujuan utamanya adalah mengurangi rugi daya konduksi (forward voltage drop), sehingga sangat cocok untuk aplikasi arus besar seperti prosesor komputer dan motor DC. Kelebihannya efisiensi tinggi (>95%), suhu kerja rendah, performa optimal di berbagai beban.

3. Quasi-Resonant Buck Converter (ZCS/ZVS)

Mengimplementasikan teknik switching lunak (soft-switching) seperti Zero-Current Switching (ZCS) atau Zero-Voltage Switching (ZVS) untuk menekan rugi switching dan mengurangi radiasi elektromagnetik (EMI). Cocok untuk aplikasi presisi tinggi seperti instrumentasi medis. Kelebihannya EMI rendah, lebih tahan panas, umur komponen lebih lama.

4. Switched-Inductor / Switched-Capacitor Buck

Merupakan topologi yang mengandalkan elemen pasif (induktor atau kapasitor) yang secara dinamis dikonfigurasi untuk mendapatkan rasio penurunan tegangan yang lebih besar. Pengaplikasiannya cocok untuk sistem dengan perbedaan tegangan besar seperti konversi 48 V ke 5 V.

5. Interleaved Buck Converter

Menggunakan dua atau lebih modul buck converter yang bekerja secara paralel dengan fase yang digeser (interleaved). Ini mengurangi ripple arus masukan dan meningkatkan distribusi panas serta efisiensi. Digunakan pada: Sistem server, motor EV, pengisian baterai cepat.

6. High Step-Down Ratio Buck (Topologi Khusus)

Topologi seperti Quadratic Buck, Tapped Inductor, Coupled Inductor, dan Multilevel Converter .[19]

2.6. Sensor BMP 280



Gambar 2. 3 Sensor BMP280 [20]

Sensor BM280 adalah perangkat digital yang dirancang untuk mengukur suhu dan kelembapan udara dengan akurasi tinggi. Sensor ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem pemantauan lingkungan, otomatisasi rumah, dan perangkat IoT (Internet of Things)[20]. Sensor BMP280 memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- **Rentang Pengukuran Suhu:** -40°C hingga 80°C dengan akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.
- **Rentang Pengukuran Kelembapan:** 0% hingga 100% RH dengan akurasi $\pm 2\%$ RH.
- **Tegangan Operasional:** 3,3V hingga 6V DC.
- **Waktu Respon:** 2 detik.

Sensor ini terdiri dari empat pin: VCC, Data, NC (Not Connected), dan GND. Namun, dalam penggunaannya, pin NC tidak digunakan. Data dikirimkan secara digital melalui satu jalur data, memudahkan integrasi dengan mikrokontroler seperti arduino. [20]

2.6.1 Prinsip kerja

BMP280 menggunakan elemen penginderaan kapasitif untuk mengukur kelembapan dan termistor untuk mengukur suhu. Perubahan kelembapan menyebabkan perubahan kapasitansi, sementara perubahan suhu mempengaruhi resistansi termistor. Sinyal analog yang dihasilkan kemudian dikonversi menjadi data digital oleh modul internal sensor dan dikirimkan ke mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut.[20]

2.6.2 Kelebihan Sensor BMP 280

Berikut adalah beberapa kelebihan dari sensor BMP280 antara lain :

1. Konsumsi daya rendah, dengan ukuran paket hanya $2,0 \times 2,5 \times 0,95 \text{ mm}^3$ dan konsumsi daya sekitar $2,74 \mu\text{A}$ saat pembacaan 1 Hz, BMP280 sangat ideal untuk perangkat portabel dan berbasis baterai.
2. Akurasi tekanan relatif hingga $\pm 0,12 \text{ hPa}$ (setara $\pm 1 \text{ m}$ elevasi) dan drift suhu yang rendah (offset temperature coefficient $\sim 1,5 \text{ Pa/K}$) membuatnya stabil pada variasi suhu dan elevasi
3. Sensor ini mendukung oversampling hingga $16\times$, serta filter built-in yang mampu meredam interferensi lingkungan seperti hembusan udara lokal, menjadikannya sangat presisi dan minim gangguan.
4. BMP280 dilengkapi dengan interface I²C dan SPI, memberikan fleksibilitas bagi berbagai platform mikrokontroler, serta menyediakan library sederhana untuk pemrograman.
5. Dibanding pendahulunya, BMP280 memiliki footprint lebih kecil ($\sim 63\%$ lebih kecil), akurasi lebih tinggi, konsumsi daya lebih rendah, dan lebih banyak mode operasional untuk pengaturan konsumsi/akuisisi data

2.6.3 Kekurangan Sensor BMP 280

Berikut adalah beberapa kekurangan sensor BMP280, yaitu :

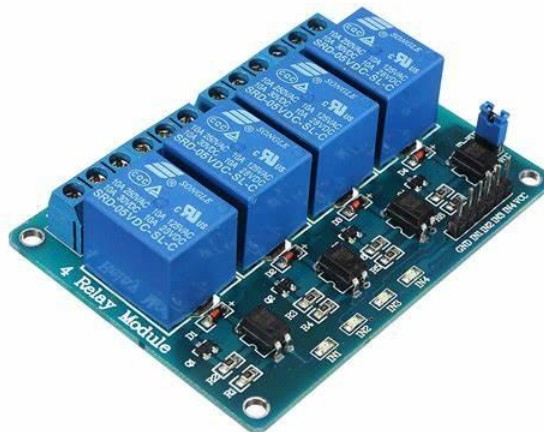
1. Ketidakakuratan pada Perubahan Suhu/presipitasi Cepat
2. Kalibrasi dan Reprodusibilitas Sensor Bervariasi

3. Tidak Mengukur Humiditas

2.6.4 Implementasi Dalam Sistem Monitoring

Dalam penelitian yang dilakukan oleh [20], sensor BMP280 digunakan untuk memantau suhu dan kelembapan dalam gudang penyimpanan. Sistem ini dirancang untuk menjaga kondisi lingkungan yang optimal guna mencegah kerusakan dan pembusukan barang. Data yang diperoleh dari sensor BMP280 dikirimkan ke mikrokontroler, yang kemudian menampilkan informasi tersebut pada layar LCD dan mengaktifkan sistem kontrol lingkungan jika diperlukan.[20]

2.7 Modul Relay



Gambar 2. 4 Modul Relay [21]

Modul relay adalah perangkat elektronik yang berfungsi sebagai saklar elektromekanis, memungkinkan pengendalian sirkuit bertegangan tinggi atau arus besar menggunakan sinyal bertegangan rendah. Modul ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti otomasi rumah, sistem kontrol industri, dan proyek mikrokontroler.

2.7.1 Spesifikasi Teknis

Modul relay umumnya terdiri dari beberapa komponen utama:

1. Relay Elektromekanis: Berfungsi sebagai saklar yang diaktifkan oleh sinyal listrik.
2. Optocoupler: Memisahkan sirkuit tegangan tinggi dan rendah untuk mencegah
3. Interferensi dan melindungi komponen sensitif.
4. Transistor Driver: Memperkuat sinyal dari mikrokontroler untuk mengaktifkan relay.
5. Dioda Flyback: Melindungi sirkuit dari lonjakan tegangan yang dihasilkan saat relay dinonaktifkan.

Beberapa modul relay juga dilengkapi dengan indikator LED yang menunjukkan status operasi relay.

2.7.2 Prinsi Kerja

Ketika modul relay menerima sinyal input bertegangan rendah (misalnya 5V) dari mikrokontroler seperti Arduino, sinyal ini mengaktifkan transistor driver yang kemudian mengalirkan arus melalui kumparan relay. Arus ini menghasilkan medan magnet yang menarik kontak saklar, menghubungkan sirkuit bertegangan tinggi dan memungkinkan aliran arus. Saat sinyal input dihentikan, medan magnet menghilang, dan kontak saklar kembali ke posisi semula, memutus aliran arus pada sirkuit bertegangan tinggi.

2.7.3 Kelebihan

Adapun kelebihan relay antara lain :

1. Isolasi listrik yang baik antara rangkaian kontrol dan beban daya tinggi, sehingga melindungi komponen sensitif.
2. Biaya rendah dan desain sederhana, mudah dibangun dan dirawat.
3. Aksi cepat dan reset instan, cocok untuk perlindungan beban AC/DC dasar.
4. Keandalan tinggi dan daya tahan lama, bahkan di lingkungan ekstrem asalkan perawatan rutin dilakukan.

2.7.4 Kekurangan

Adapun kekurangan Relay antara lain :

1. Kecepatan switching terbatas, respons lambat karena ada pergerakan mekanik (~10–20 ms).
2. Suara “klik” saat switching, dapat mengganggu di lingkungan senyap.
3. Bagian mekanik rentan aus, seperti kontak dan spring, memerlukan maintenance rutin dan pergantian setelah ribuan siklus.
4. Konsumsi daya relatif tinggi pada koil, terutama saat standby.
5. Ukuran dan berat yang kurang compact, tidak ideal untuk desain PCB yang padat atau perangkat portabel.

2.8 Fuzzy

Logika fuzzy merupakan salah satu metode dalam sistem kontrol yang digunakan untuk mengendalikan peralatan listrik secara fleksibel dan efisien. Tidak seperti sistem logika biner yang hanya mengenal dua kondisi (benar dan salah), logika fuzzy memungkinkan keputusan dibuat berdasarkan nilai-nilai derajat kebenaran. Dalam konteks sistem IoT seperti smart kitchen, logika fuzzy dapat membantu mikrokontroler dalam menentukan tindakan terbaik berdasarkan berbagai input sensor, seperti suhu, kelembapan, atau konsentrasi gas. Penggunaan logika fuzzy meningkatkan kemampuan adaptif sistem terhadap kondisi lingkungan yang dinamis, sehingga memberikan respons yang lebih halus dan realistis.[22]

2.8.1 Implementasi Dalam Sistem Kontrol

modul relay digunakan untuk mengendalikan peralatan listrik berdaya tinggi menggunakan mikrokontroler Arduino. Ini menunjukkan bahwa modul relay memungkinkan mikrokontroler dengan daya rendah untuk mengontrol perangkat listrik berdaya tinggi secara efektif, meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas dalam sistem kontrol listrik. [21]

2.8.2 Macam Macam Fuzzy

Berikut adalah macam macam logika *fuzzy*, antara lain :

1. Fuzzy Mamdani, model ini adalah yang paling populer, menggunakan output berupa himpunan fuzzy dengan proses defuzzifikasi (misalnya center of gravity). Cocok untuk aplikasi kontrol adaptif dan manusiawi karena interpretasi berbasis linguistik.
2. Sugeno, menggunakan fungsi output berupa fungsi linear atau konstanta. Proses defuzzifikasi lebih efisien karena output akhirnya menghasilkan nilai crisp secara langsung. Umumnya digunakan dalam sistem kontrol otomatis dan estimasi.
3. Tsukamoto FIS, setiap rule memiliki output berupa himpunan fuzzy yang kemudian di-defuzzifikasi per rule menjadi nilai crisp, kemudian dirata-rata berdasarkan derajat keanggotaan. Digunakan untuk aplikasi seperti prediksi dan penjadwalan industri.
4. Type-2 Fuzzy Logic System, Mampu mengatasi ketidakpastian dan noise pada data sensor dengan menggunakan rentang keanggotaan (uncertainty footprint). Cocok untuk sistem yang sangat rentan terhadap fluktuasi lingkungan.
5. Hybrid & Neuro-Fuzzy Systems, Menggabungkan fuzzy dengan metode machine learning seperti neural network atau genetic algorithm. Digunakan untuk tuning otomatis rule base dan membership function.[23]

2.9 Arduino



Gambar 2. 5 Arduino Uno[24]

Arduino merupakan platform mikrokontroler open-source yang sangat populer dalam pengembangan sistem tertanam (*embedded systems*) dan Internet of Things (IoT). Keberhasilan Arduino dalam bidang ini tidak lepas dari kemudahan penggunaannya, fleksibilitas perangkat keras dan perangkat lunak, serta dukungan komunitas yang sangat besar.

2.9.1 Prinsip Kerja Arduino

Secara umum, prinsip kerja Arduino adalah membaca input dari lingkungan fisik melalui sensor, memproses data tersebut menggunakan mikrokontroler (MCU), dan memberikan output melalui aktuator seperti motor, LED, buzzer, atau komunikasi. Proses ini berlangsung secara terus-menerus dalam dua bagian utama dari pemrograman Arduino, yaitu:

1. `setup()`: Fungsi inisialisasi yang dijalankan sekali saat board dinyalakan.
2. `loop()`: Fungsi yang berjalan berulang-ulang selama board aktif.

Melalui prinsip kerja ini, Arduino mampu merespons kondisi lingkungan secara real-time dan digunakan dalam berbagai aplikasi seperti monitoring suhu, sistem alarm, kontrol perangkat rumah, hingga pengiriman data ke cloud dalam sistem IoT.

2.9.2 Kelebihan Arduino

Ada beberapa kelebihan Arduino, antara lain :

1. Mudah Dipelajari: Sangat cocok untuk pemula karena menggunakan bahasa pemrograman sederhana berbasis C/C++.
2. Open Source: Baik perangkat keras maupun perangkat lunak dapat dimodifikasi bebas.
3. Komunitas Besar: Tersedia ribuan library, dokumentasi, dan forum bantuan di seluruh dunia.
4. Dukungan Modul Komunikasi: Dapat dikombinasikan dengan WiFi (ESP8266), GSM (SIM800L), Bluetooth (HC-05), dan LoRa untuk konektivitas IoT.

5. Cocok untuk *Prototyping* Cepat: Waktu pengembangan singkat untuk pengujian dan eksperimen proyek.

2.9.3 Kekurangan Arduino

Selain kelebihan, arduino juga memiliki beberapa kekurangan yaitu :

1. Tidak Cocok untuk Aplikasi Skala Industri Besar: Kurang andal untuk kebutuhan industri yang memerlukan waktu respons sangat cepat dan keamanan tinggi.
2. Keterbatasan Daya Proses dan Memori: Kurang ideal untuk aplikasi kompleks seperti pengolahan citra atau AI lokal.
3. Konsumsi Daya Tinggi (pada beberapa model): Tidak efisien untuk aplikasi hemat energi seperti sensor nirkabel bertenaga baterai.
4. Kurang Stabil untuk Real-Time Multitasking: Arduino tidak mendukung sistem operasi real-time (RTOS) secara default.

2.9.4 Implementasi Arduino

Arduino sangat efektif digunakan dalam sistem IoT karena dapat dikombinasikan dengan berbagai sensor lingkungan (suhu, kelembapan, gas, gerakan), serta modul komunikasi seperti:

1. ESP8266/ESP32 (WiFi)
2. SIM800L (GSM/GPRS)
3. LoRa SX1278 (long-range communication)

Dengan modul-modul ini, Arduino mampu mengirim data ke server atau cloud seperti ThingSpeak, Blynk, atau Firebase untuk dikontrol dan dimonitor secara real-time melalui internet.[24]

2.10 Studi Terkait Dalam Pengembangan *Smart Kitchen Berbasis (IoT)*

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem keamanan dapur berbasis IoT dengan teknologi serupa:

1. [8] mengembangkan sistem smart kitchen berbasis IoT yang menggabungkan sensor gas, ESP32, dan *Water Pump* valve untuk mendeteksi kebocoran gas

dan mengontrol suplai gas secara otomatis.

2. [25] menunjukkan bahwa penggunaan sensor TGS 2611 dapat meningkatkan efektivitas deteksi gas karbon monoksida hingga 95%, dengan sistem peringatan berbasis cloud untuk mempercepat respons pengguna.
3. [2] merancang sistem IoT berbasis ESP32 dan valve katup, memungkinkan memonitor aliran gas. Berdasarkan tinjauan pustaka ini, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring dan keamanan smart kitchen berbasis IoT dengan mengoptimalkan penggunaan ESP32, sensor TGS-2611, dan valve katup untuk meningkatkan keselamatan serta kenyamanan pengguna.
4. Sistem Deteksi Kebocoran Gas dan Kontrol Otomatis di Dapur, Cristian Castro-Vargas et al. merancang sistem IoT untuk dapur rumah tangga di Lima, Peru, menggunakan **ESP32**, sensor gas (misalnya MQ atau TGS-type), dan aktuator seperti exhaust fan serta valve katup untuk ventilasi dan penutupan aliran gas saat terdeteksi kebocoran. Sistem ini memungkinkan **monitoring remote dan kontrol secara real-time**, serta terbukti efektif dalam mencegah kecelakaan akibat kebocoran gas.[24]
5. IoT-Based Real-Time Gas Leak Detection System, Aakash A. dkk. memperkenalkan sistem deteksi kebocoran gas waktu nyata menggunakan Arduino Uno dan ESP32, yang dilengkapi sensor gas dan flame, buzzer, LCD, serta aktuator servo untuk menutup valve gas secara otomatis. Informasi kondisi dapur dikirim ke cloud (misalnya Blynk, ThingSpeak) sehingga pengguna dapat memantau dari jarak jauh.[26]
6. IOT-Based System to Detect and Control Natural Gas Leaks, Penelitian dari Indonesia dan India menggunakan **ESP32**, sensor gas MQ-Type, exhaust fan, dan mekanisme shutdown otomatis berupa penutup thermal. Sistem ini mampu mendeteksi gas bocor, melakukan ventilasi, serta monitoring jarak jauh, bahkan saat pengguna tidak berada di lokasi.[27]

2.11 MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) adalah protokol komunikasi ringan berbasis publish/subscribe yang dirancang untuk komunikasi

perangkat machine-to-machine (M2M) dan Internet of Things (IoT). Protokol ini dibangun di atas protokol TCP/IP dan dirancang untuk efisiensi bandwidth, latency rendah, serta kebutuhan daya minimal — menjadikannya ideal untuk perangkat dengan sumber daya terbatas seperti sensor dan mikrokontroler (misalnya ESP32, Arduino).

MQTT dikembangkan pertama kali oleh IBM pada tahun 1999, dan kini menjadi standar industri yang digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi seperti sistem rumah pintar, industri 4.0, transportasi cerdas, serta pemantauan lingkungan secara real-time.

2.11.1 Prinsip Kerja MQTT

MQTT menggunakan arsitektur publish-subscribe yang terdiri dari tiga komponen utama:

1. **Publisher:** Perangkat yang mengirimkan pesan ke topik tertentu (misalnya: sensor suhu mengirimkan data ke topik kitchen/suhu).
2. **Subscriber:** Perangkat atau aplikasi yang berlangganan (subscribe) ke topik tertentu untuk menerima pesan (misalnya: aplikasi Android yang membaca data suhu dari kitchen/suhu).
3. **Broker:** Server pusat yang mengelola pengiriman pesan antara publisher dan subscriber. Contoh broker populer: **Mosquitto**, **HiveMQ**, **EMQX**, atau platform cloud seperti **ThingsBoard**, **Adafruit IO**, **AWS IoT**, dan **Firebase** (dengan bridge MQTT).

MQTT mendukung pengiriman data secara real-time, dengan konsumsi bandwidth yang sangat rendah karena pesan MQTT biasanya hanya terdiri dari beberapa byte.

2.11.2 Struktur Pesan MQTT

Struktur dasar pesan MQTT terdiri dari:

1. **Topic:** Jalur rute pesan (misalnya smartkitchen/gas, smartkitchen/valve).
2. **Payload:** Isi data yang dikirim (misalnya angka deteksi gas atau status ON/OFF).

3. QoS (Quality of Service): QoS 0: At most once (tidak ada jaminan pengiriman ulang), QoS 1: At least once (pesan bisa dikirim ulang hingga diterima), QoS 2: Exactly once (jaminan tidak terjadi duplikasi).

2.11.3 Kelebihan MQTT

Ada beberapa kelebihan dari MQTT antara lain :

1. Ringan & Cepat: Sangat efisien dibandingkan HTTP, cocok untuk jaringan lemah (2G/3G) dan perangkat low power.
2. Arsitektur Fleksibel: Dapat digunakan untuk 1-to-many atau many-to-many device communication.
3. Real-Time Communication: Pesan dikirim dan diterima dalam hitungan milidetik.
4. QoS Control: Mendukung pengaturan keandalan pesan sesuai kebutuhan aplikasi.
5. Open Source & Kompatibel: Broker MQTT seperti Mosquitto dapat digunakan secara gratis dan mendukung banyak bahasa pemrograman.

2.11.4 Kekurangan MQTT

Adapun beberapa kekurangan dari MQTT antara lain :

1. Keamanan Dasar Terbatas: Tidak mendukung enkripsi end-to-end secara default (perlu penambahan SSL/TLS manual).
2. Kebutuhan Broker Tambahan: Dibutuhkan server broker terpisah jika tidak menggunakan cloud.
3. Tidak Mendukung HTTP Secara Langsung: Membutuhkan gateway tambahan jika ingin terhubung ke aplikasi berbasis HTTP/REST API.

2.11.5 Implementasi MQTT dalam Sistem Smart Kitchen

Dalam sistem dapur pintar berbasis IoT, MQTT digunakan untuk mengirimkan data secara cepat dan efisien antara perangkat sensor (seperti TGS-2611), mikrokontroler (ESP32), dan antarmuka pengguna Contohnya:

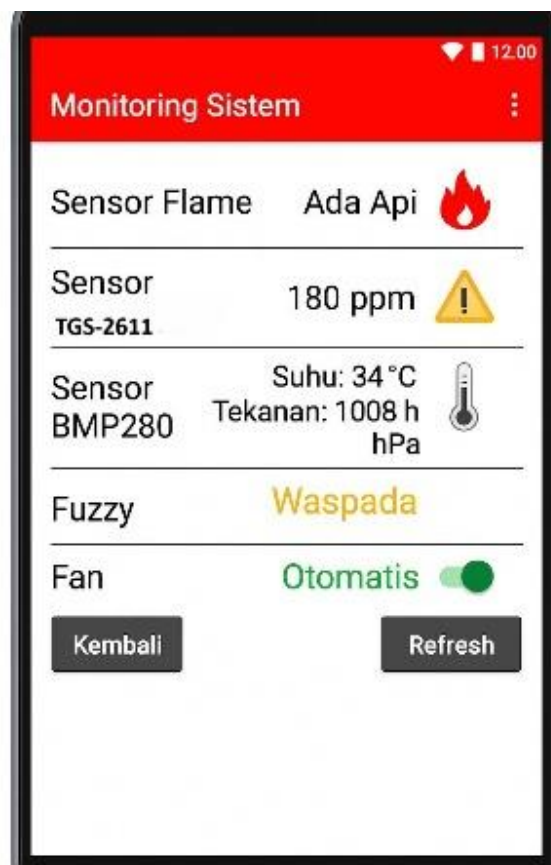
1. Sensor gas mendeteksi kebocoran dan mengirim data ke smartkitchen/gas

melalui MQTT.

2. Mikrokontroler menerima data dan mengaktifkan valve melalui topik smartkitchen/valve.
3. Aplikasi pengguna menerima notifikasi dari broker MQTT pada topik smartkitchen/alert.

Dengan menggunakan MQTT, sistem dapat merespons kejadian dalam waktu nyata (real-time) dengan latensi sangat rendah dan keandalan tinggi, meskipun dalam kondisi jaringan yang tidak stabil.[25]

2.12 Kodular



Gambar 2. 6 Tampilan Kodular

Gambar tersebut merupakan tampilan beranda pada aplikasi *kodular* pada android. Kodular merupakan web app creator yang mudah digunakan karena tidak

memerlukan persandian (coding) dalam pembuatan aplikasi. Kelebihan aplikasi kodular ini yaitu memiliki fitur yang komponen yang lebih kompleks dan yang lebih banyak dari situs aplikasi lainnya[28].

Selain itu, keunggulan yang lain adalah mendukung smartphone berbasis Android mulai dari OS Android 4.1 Jelly Bean, menyediakan sistem login dengan menggunakan akun media sosial dan e-mail lainnya, dan dapat melakukan tes aplikasi langsung pada smartphone[29].

2.12.1 Kelebihan Kodular

Ada beberapa kelebihan dari kodular, antara lain :

1. Tanpa Kode (No Coding Required). Kodular menggunakan sistem drag-and-drop visual blocks, sehingga sangat mudah digunakan bahkan oleh pemula yang tidak memiliki pengalaman pemrograman.
2. Cepat untuk Prototyping Aplikasi Android. Pembuatan antarmuka dan logika aplikasi dapat dilakukan secara instan. Hal ini mempercepat proses pengujian sistem seperti smart kitchen IoT atau kontrol perangkat via Bluetooth/WiFi.
3. Integrasi Komponen IoT & Cloud Mudah .Kodular mendukung komponen seperti Web, MQTT, Firebase, Bluetooth, dan WiFi yang sangat cocok digunakan untuk aplikasi pemantauan dan pengendalian perangkat berbasis IoT.
4. Gratis dan Berbasis Web. Kodular dapat diakses melalui browser tanpa harus menginstal software tambahan. Cukup login di creator.kodular.io, semua proyek disimpan secara cloud.
5. Komunitas Aktif dan Dukungan Forum. Terdapat komunitas Kodular yang aktif, baik di forum resmi maupun grup sosial media, memudahkan pengguna untuk mencari solusi dan berbagi template.
6. Output Langsung ke APK (Android). Aplikasi yang dibuat di Kodular dapat langsung di-export ke file .apk untuk diinstal di perangkat Android tanpa memerlukan Android Studio.

2.12.2 Kekurangan Kodular

Adapun beberapa kekurangan kodular, antara lain :

1. Terbatas untuk Android. Kodular tidak mendukung pembuatan aplikasi iOS. Jadi, hanya dapat digunakan untuk membangun aplikasi Android.
2. Kurang Fleksibel untuk Aplikasi Kompleks. Untuk aplikasi dengan logika kompleks, Kodular bisa menjadi sulit diatur. Beberapa fungsi lanjutan sulit diterapkan tanpa kode asli (Java/Kotlin).
3. Ketergantungan pada Server Kodular. Proses build APK dilakukan di server Kodular, yang bisa mengalami gangguan, antrian lama, atau akses lambat, terutama saat trafik tinggi.
4. Kustomisasi UI Terbatas. Desain tampilan hanya bisa menggunakan komponen-komponen standar. Tidak mendukung desain dinamis atau animasi kompleks seperti di Android Studio.
5. Tidak Mendukung Semua Library Android. Kodular tidak mendukung integrasi langsung dengan semua Android SDK atau library pihak ketiga, yang membuatnya kurang ideal untuk pengembang profesional.
6. Ukuran APK Awal Besar. Aplikasi dasar tanpa banyak fungsi bisa memiliki ukuran APK yang cukup besar (~5–8 MB), karena dependensi Kodular.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode Research and Development (R&D) adalah pendekatan penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan dan menguji efektivitas suatu produk atau sistem. Dalam konteks pengembangan Sistem Monitoring dan Keamanan Smart Kitchen Berbasis Internet of Things (IoT).[30]

3.1.1 Tahapan Dalam Penelitian R&D

Menurut [30] proses R&D melibatkan beberapa tahapan utama:

1. Penelitian dan Pengumpulan Informasi (Research and Information Collecting): Melakukan studi literatur mengenai teknologi IoT, sistem monitoring, dan keamanan dapur pintar.
2. Perencanaan (Planning): Merancang spesifikasi produk dan strategi pengembangan berdasarkan informasi yang telah dikumpulkan.
3. Pengembangan Produk Awal (Develop Preliminary Form of Product): Membuat prototipe atau model awal dari produk yang dirancang.
4. Uji Coba Pendahuluan (Preliminary Field Testing): Mengujicobakan produk awal pada skala kecil untuk mendapatkan umpan balik awal.
5. Revisi Produk (Main Product Revision): Memperbaiki produk berdasarkan umpan balik dari uji coba pendahuluan.
6. Uji Coba Lapangan (Main Field Testing): Mengujicobakan produk yang telah direvisi pada skala lebih besar untuk menguji efektivitasnya dalam kondisi nyata.
7. Revisi Produk Lanjutan (Operational Product Revision): Melakukan penyesuaian akhir pada produk berdasarkan hasil uji coba lapangan.
8. Diseminasi dan Implementasi (Dissemination and Implementation): Menyebarluaskan dan menerapkan produk secara luas setelah melalui serangkaian pengujian dan revisi dengan kebutuhan pengguna.

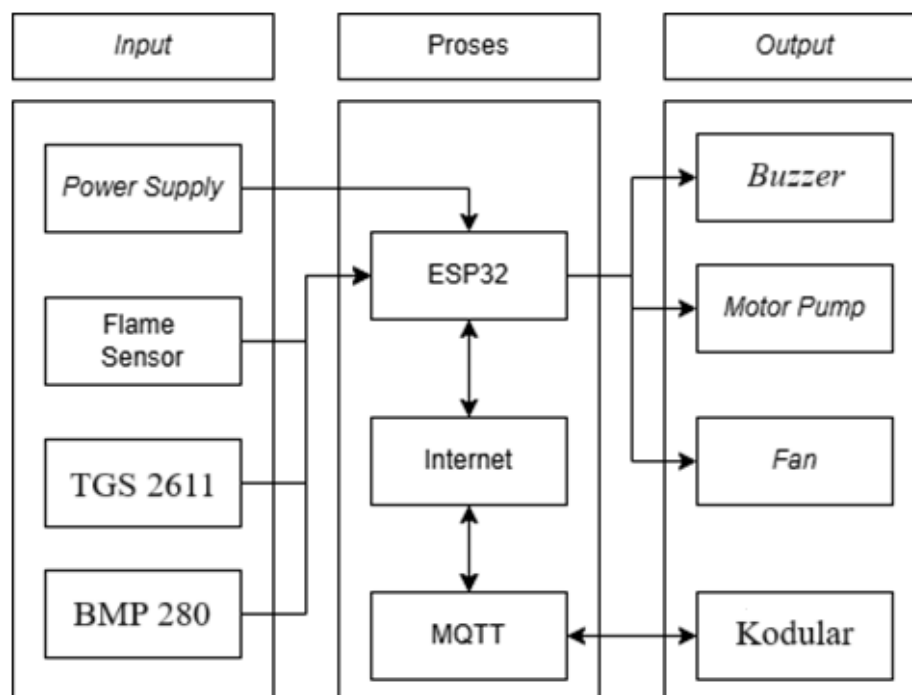
3.1.2 Contoh Penerapan Metode R&D

Ada beberapa contoh penerapan metode R&D antara lain :

1. Bidang Pendidikan: Pengembangan modul pembelajaran interaktif untuk meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses belajar.
2. Bidang Industri: Pengembangan material baru yang lebih ramah lingkungan untuk proses manufaktur.

R&D secara sistematis, mencakup pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi, hasil, pembahasan, dan kesimpulan. Setiap bagian harus disajikan dengan jelas dan didukung oleh data yang valid serta analisis yang mendalam.

3.2 Diagram Blok



Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem

Diagram ini menggambarkan alur kerja dari sistem monitoring dan keamanan dapur berbasis IoT, yang terdiri dari tiga bagian utama: input, proses, dan output. Sistem ini menggunakan **ESP32** sebagai pusat kendali, **sensor gas dan suhu** sebagai input, serta **aktuator dan aplikasi Kodular** sebagai media output .

3.2.1 Input

Berikut adalah penjelasan Input dari diagram blok diatas , yaitu :

1. Power Supply, berfungsi sebagai sumber energi utama bagi seluruh perangkat dalam sistem. Komponen ini bertanggung jawab menyediakan tegangan dan arus yang dibutuhkan oleh ESP32, sensor, dan aktuator. Umumnya, sistem ini menggunakan catu daya sebesar 5V hingga 12V, baik dari adaptor, baterai, maupun power bank agar mendukung operasional portabel.
2. Flame Sensor, Sensor ini digunakan untuk mendeteksi adanya api atau nyala api yang tidak diinginkan di area dapur. Sensor ini bekerja dengan membaca radiasi inframerah dari api. Ketika mendeteksi adanya nyala api, sensor akan mengirimkan sinyal digital (HIGH/LOW) ke ESP32 untuk diproses lebih lanjut sebagai indikasi bahaya kebakaran.
3. TGS 2611 (Gas Sensor), adalah sensor gas berbasis semikonduktor yang dirancang untuk mendeteksi gas metana (CH_4) dan gas-gas rumah tangga lainnya. Sensor ini menghasilkan sinyal analog yang proporsional terhadap konsentrasi gas di udara. ESP32 membaca nilai tersebut dan membandingkannya dengan ambang batas tertentu. Jika nilai terdeteksi melebihi ambang, maka sistem akan memicu respons otomatis.
4. BMP 280 (Sensor Tekanan dan Suhu), BMP 280 merupakan sensor digital yang mampu mengukur tekanan udara dan suhu lingkungan. Data dari sensor ini digunakan untuk mengetahui kondisi atmosfer di dapur. Sensor ini sangat sensitif dan memberikan data dalam format digital melalui protokol I²C atau SPI ke ESP32. Informasi suhu juga dapat dimanfaatkan untuk mengaktifkan pendingin (fan) atau sebagai parameter tambahan saat kebocoran gas terdeteksi.

3.2.2 Proses

Setelah beberapa sensor mendeteksi/bekerja maka selanjutnya akan di proses yang dijabarkan pada penjelasan dibawah ini :

1. **ESP32**, adalah mikrokontroler utama dalam sistem ini. Perangkat ini berfungsi untuk membaca data dari semua sensor (flame, TGS 2611, BMP 280),

memproses data tersebut, dan mengendalikan perangkat output seperti buzzer, motor pump, dan kipas. Selain itu, ESP32 terhubung ke jaringan internet melalui Wi-Fi, memungkinkan sistem berkomunikasi dengan platform cloud menggunakan protokol MQTT. ESP32 dipilih karena memiliki fitur lengkap seperti dual-core processor, konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, serta port digital dan analog yang cukup banyak.

2. **Internet**, menjadi media penghubung antara ESP32 dengan broker MQTT dan aplikasi Kodular. Melalui koneksi ini, ESP32 dapat mengirim dan menerima data secara real-time. Koneksi internet sangat penting dalam sistem berbasis IoT untuk memastikan monitoring dan kontrol dapat dilakukan dari jarak jauh.
3. **MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)**, adalah protokol komunikasi ringan yang digunakan dalam sistem ini. ESP32 bertindak sebagai **publisher** yang mengirimkan data sensor ke broker MQTT, sementara aplikasi Kodular bertindak sebagai **subscriber** yang menerima data tersebut. MQTT juga memungkinkan komunikasi dua arah, sehingga aplikasi Kodular juga bisa mengirim perintah kembali ke ESP32, misalnya untuk menghidupkan atau mematikan motor pump secara manual.

3.2.3 Output

Setelah diproses maka akan menghasilkan sebuah *Output* yaitu :

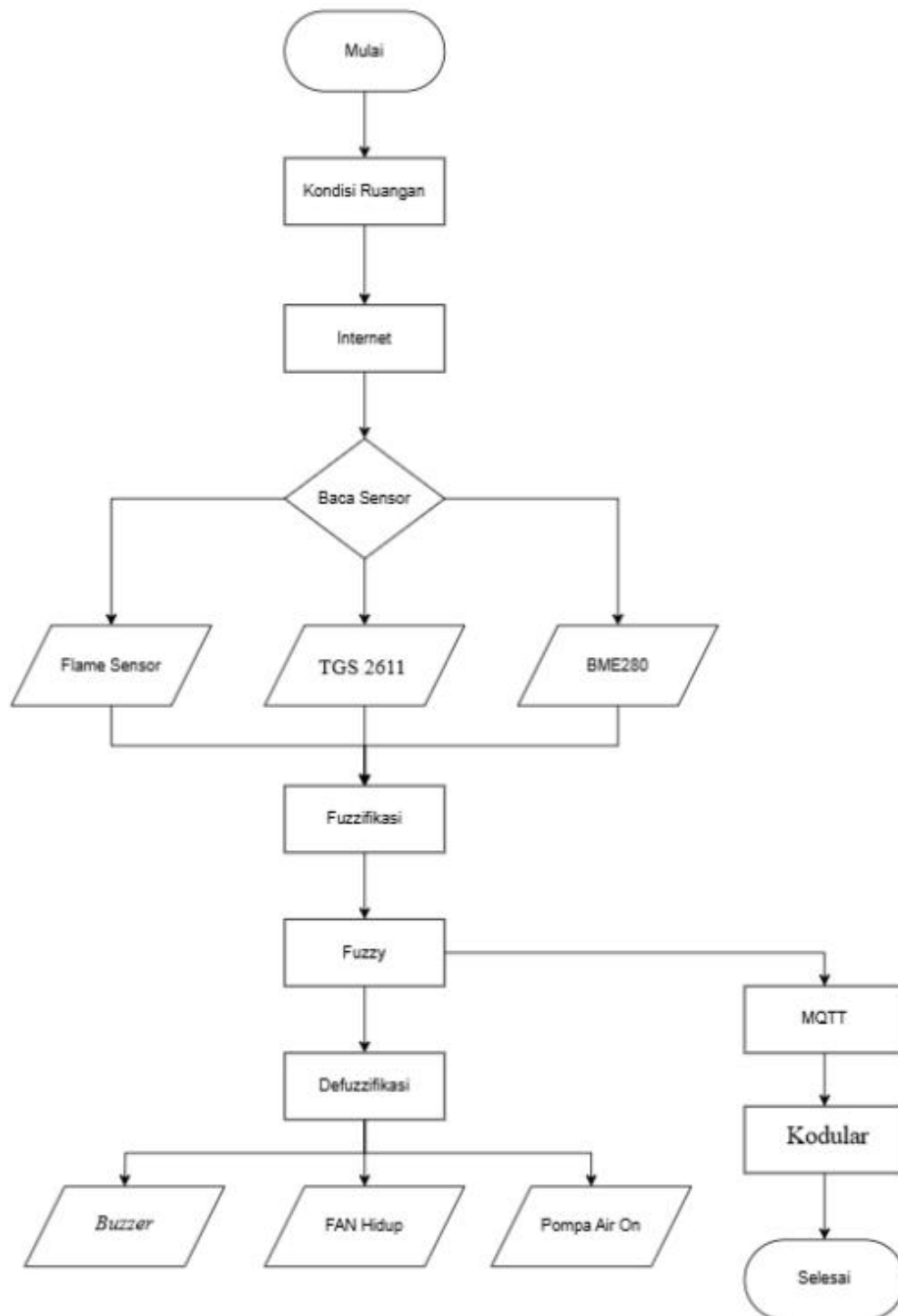
1. Buzzer, merupakan perangkat output yang memberikan peringatan suara jika terdeteksi kondisi berbahaya seperti kebocoran gas, api, atau suhu ekstrem. Aktivasi buzzer dilakukan secara otomatis oleh ESP32 saat sinyal dari sensor melewati ambang batas yang telah ditentukan. Peringatan ini penting sebagai sinyal darurat lokal sebelum pengguna menerima notifikasi dari aplikasi.
2. Motor Pump, digunakan sebagai sistem penyemprotan otomatis (misalnya air atau gas pemadam) yang diaktifkan jika sensor mendeteksi api atau konsentrasi gas tinggi. ESP32 akan mengirimkan sinyal kontrol ke motor pump untuk menyemprotkan cairan penetral atau pendingin secara otomatis, sebagai bentuk tanggapan cepat terhadap bahaya.

3. Fan (Kipas), atau kipas berfungsi sebagai ventilasi otomatis yang menyala ketika konsentrasi gas atau suhu udara tinggi. Komponen ini membantu mengurangi gas yang tertahan di ruangan dan menurunkan suhu dapur. Pengaktifan kipas dikontrol oleh ESP32 berdasarkan data dari sensor TGS 2611 dan BMP 280.
4. Kodular (Aplikasi Android), Kodular adalah platform visual programming untuk membuat aplikasi Android tanpa coding. Dalam sistem ini, Kodular berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk monitoring real-time data sensor dan mengontrol aktuator seperti buzzer, fan, dan motor pump. Aplikasi menerima data dari ESP32 melalui MQTT dan dapat memberikan perintah kembali, menjadikan kontrol dapur dapat dilakukan dari jarak jauh melalui smartphone.

3.3 Flowchart Operasional Alat

Untuk mempermudah pemahaman mengenai alur kerja sistem monitoring dan keamanan dapur berbasis IoT yang dikembangkan, berikut disajikan diagram alir (flowchart) dari keseluruhan proses. Diagram ini menggambarkan secara sistematis bagaimana data dari berbagai sensor diproses menggunakan logika fuzzy hingga menghasilkan aksi berupa aktivasi aktuator seperti buzzer, fan, dan pompa air, serta pengiriman data ke aplikasi Kodular melalui protokol MQTT.

Untuk memberikan gambaran menyeluruh dan mempermudah pemahaman terhadap mekanisme kerja sistem monitoring serta keamanan dapur berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dirancang, disajikan diagram alir (flowchart) sebagai representasi visual dari alur proses kerja sistem secara keseluruhan. Diagram ini menyajikan urutan tahapan mulai dari inisialisasi sistem, akuisisi data lingkungan melalui berbagai sensor (TGS 2611 untuk gas, BME280 untuk suhu dan kelembapan, serta flame sensor untuk deteksi api), hingga pemrosesan data secara cerdas menggunakan pendekatan logika fuzzy.



Gambar 3. 2 Flowchart Operasional Alat

Proses dimulai dari langkah awal dengan mendeteksi kondisi ruangan, yang kemudian dilanjutkan dengan koneksi ke internet. Setelah sistem aktif, dilakukan pembacaan dari beberapa sensor utama secara bersamaan, yaitu Flame Sensor untuk

mendeteksi keberadaan api, TGS 2611 (yang dalam penjelasan awal ditulis sebagai MQ-2) untuk mendeteksi kadar gas seperti LPG dan asap, serta BME280 (pengganti BM280 dalam gambar) untuk memonitor suhu dan kelembaban.

Data yang dikumpulkan dari sensor-sensor ini tidak langsung digunakan untuk mengeksekusi aksi. Sebaliknya, data tersebut diproses menggunakan pendekatan logika fuzzy. Hal ini dikarenakan kondisi lingkungan sering kali bersifat tidak pasti dan tidak memiliki batas tegas. Misalnya, suhu 35°C bisa dianggap “panas” dalam satu kondisi, namun bisa “sangat panas” di kondisi lain. Oleh karena itu, data sensor seperti suhu, gas, dan indikasi api dikonversi ke dalam bentuk fuzzy menggunakan proses fuzzifikasi, sehingga menghasilkan nilai keanggotaan dalam himpunan linguistik seperti “rendah”, “sedang”, dan “tinggi”.

Selanjutnya, sistem menerapkan aturan fuzzy (fuzzy rules) berupa logika IF-THEN. Sebagai contoh, jika kadar gas tinggi dan suhu tinggi, maka sistem akan menyalakan kipas dan mengirim notifikasi; atau jika terdeteksi api dan suhu tinggi, maka sistem akan mengaktifkan pompa air. Hasil dari proses fuzzy ini kemudian melalui tahap defuzzifikasi untuk menghasilkan nilai tegas (crisp value) yang dapat dieksekusi secara fisik.

Berdasarkan hasil defuzzifikasi, sistem akan melakukan aksi seperti menampilkan nilai gas, menghidupkan kipas (FAN Hidup), atau mengaktifkan pompa air (Pompa Air On). Selain itu, hasil tersebut juga dikirim melalui protokol MQTT ke Kodular, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi ruangan secara real-time melalui smartphone mereka. Dengan pendekatan ini, sistem mampu menangani situasi kompleks secara lebih fleksibel dan kontekstual, memberikan respons yang lebih cerdas dan manusiawi terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Derajat keanggotaan pada gambar fungsi keanggotaan fuzzy tersebut diperoleh dari bentuk fungsi segitiga dan trapesium yang dirancang secara heuristik, bukan dari hasil eksperimen. Setiap fungsi mewakili kategori linguistik seperti “Fan Mati”, “Fan Lambat”, dan “Fan Cepat”, yang dibentuk berdasarkan titik-titik batas nilai PWM tertentu, misalnya 0, 20, 40, 60, dan 80. Derajat keanggotaan (μ / μ_{max}) menunjukkan sejauh mana suatu nilai PWM termasuk ke dalam suatu kategori,

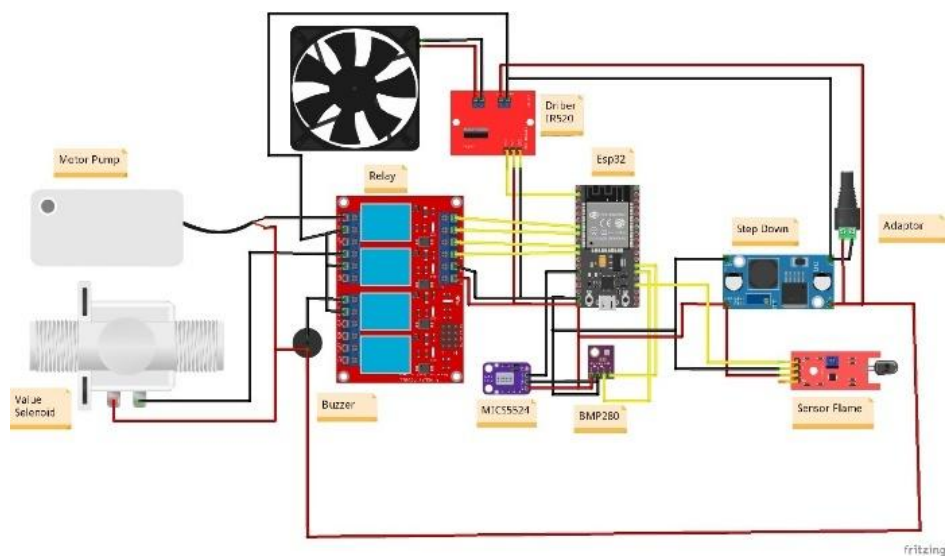
dengan nilai antara 0 hingga 1. Sebagai contoh, pada kategori “Fan Lambat”, fungsi segitiga digunakan dengan titik puncak di PWM 40 dan kaki di 20 dan 60, sehingga nilai PWM 40 memiliki derajat keanggotaan maksimum ($\mu=1$), sedangkan nilai PWM 30 atau 50 memiliki derajat keanggotaan menurun secara linier ($\mu=0.5$). Dengan pendekatan ini, sistem fuzzy dapat menilai input secara bertahap dan logis sesuai posisi nilai terhadap fungsi keanggotaan yang telah ditentukan, meskipun tanpa pengukuran langsung di lapangan[31].

Dalam sistem kontrol PWM menggunakan logika fuzzy, derajat keanggotaan (μ) ditentukan melalui **fungsi keanggotaan trapezium dan segitiga** yang dibangun secara heuristik, bukan dari pengukuran fisik langsung seperti RPM fan. Misalnya, rentang PWM 0–20 menunjukkan kondisi “mati” atau “sangat pelan”, 20–60 mewakili “lambat”, dan 60–80 atau lebih sebagai “cepat”. Pemilihan poin seperti 0, 20, 40, 60, dan 80 ini bertujuan untuk menciptakan transisi yang halus antar status, mendukung proses fuzzifikasi dan inferensi dengan fungsi matematika sederhana. Pendekatan ini didukung oleh literatur terkini seperti pengendalian motor fan berbasis Takagi-Sugeno yang mengkonversi sensor input menjadi sinyal PWM menggunakan membership functions hasil desain heuristik[32], serta studi implementasi fuzzy pada sistem kontrol suhu/heater yang menunjukkan bagaimana PWM dihasilkan dari himpunan trapezium dan segitiga dalam praktik[22]. Dengan strategi ini, sistem kontrol dapat merespons kondisi secara logis, efisien, dan dapat disesuaikan sesuai karakteristik perangkat serta kebutuhan aplikasi.

3.4 Rangkaian Kelistrikan

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai struktur kerja sistem monitoring dan keamanan dapur berbasis IoT, berikut disajikan diagram blok yang menggambarkan hubungan antar komponen utama dalam sistem. Diagram ini menjelaskan alur data dan kontrol mulai dari unit input yang terdiri atas berbagai sensor, hingga pemrosesan oleh mikrokontroler ESP32, serta keluaran yang direalisasikan melalui aktuator dan aplikasi mobile. Sistem ini dirancang untuk memantau kondisi dapur secara real-time menggunakan sensor flame, sensor

gas TGS 2611, dan sensor suhu dan tekanan BMP 280, yang semuanya ditenagai oleh catu daya utama. Data dari sensor diproses oleh ESP32 yang terhubung ke internet, dan dikirimkan melalui protokol MQTT ke platform Kodular, sekaligus memicu aktivasi perangkat output seperti buzzer, motor pump, dan fan sebagai respons otomatis terhadap kondisi bahaya. Struktur modular ini mendukung efisiensi pemantauan, respons cepat, serta kemudahan kontrol jarak jauh melalui perangkat Android.



Gambar 3.3 Rangkaian Kelistrikan

Sistem pada gambar ini menggunakan sumber daya utama dari PLN dengan tegangan 12V sebagai input utama. Tegangan 12V ini kemudian diturunkan menggunakan modul step-down menjadi 5V, yang digunakan untuk memasok daya secara stabil ke berbagai modul seperti ESP32, sensor BME280, TGS 2611, dan Flame Sensor. Modul step-down ini memastikan bahwa perangkat berbasis logika rendah mendapatkan suplai daya yang sesuai agar dapat beroperasi dengan andal.

Sementara itu, tegangan 12V tetap digunakan secara langsung untuk menggerakkan kipas (fan). Kipas ini dikontrol melalui IRF520, sebuah modul driver MOSFET yang dikendalikan oleh ESP32. IRF520 berfungsi untuk mengatur aktif atau tidaknya kipas sesuai kondisi yang terdeteksi, misalnya ketika sensor TGS 2611 mengidentifikasi keberadaan gas berbahaya seperti karbon monoksida

atau hidrogen.

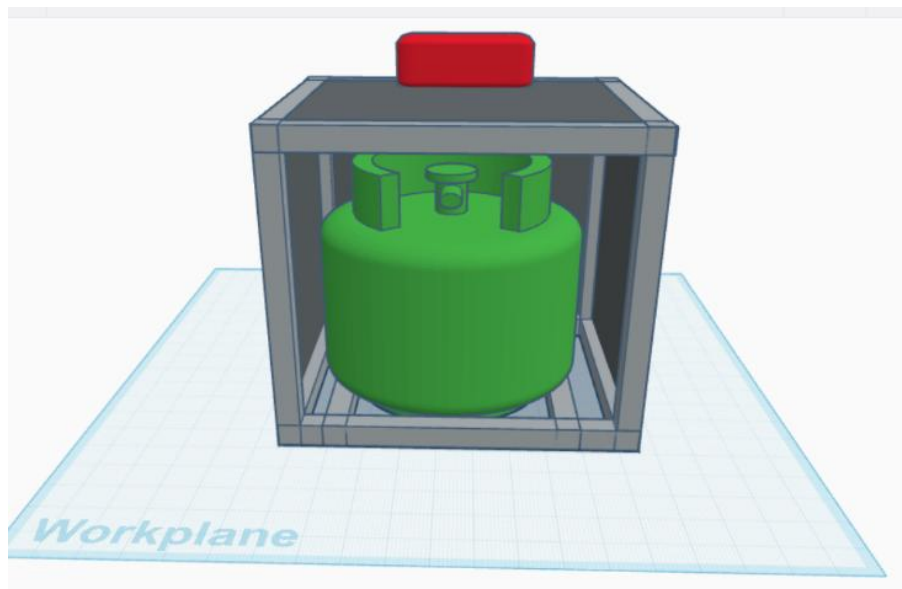
Selain kipas, sistem ini juga mengontrol perangkat lain seperti pompa air, katup pengatur gas, dan buzzer dengan menggunakan modul relay. Relay memungkinkan ESP32 untuk mengaktifkan perangkat-perangkat ini yang membutuhkan daya lebih tinggi (12V) secara terpisah. Pompa air diaktifkan jika Flame Sensor mendeteksi adanya api, katup pengatur gas berfungsi untuk mengatur aliran gas secara otomatis guna mencegah kebocoran atau ledakan, dan buzzer digunakan sebagai sistem peringatan saat terdeteksi kondisi kritis seperti kebakaran atau kadar gas yang melebihi ambang batas.

Keseluruhan sistem ini dikendalikan oleh ESP32 yang berperan sebagai otak pengendali. ESP32 bertugas membaca data dari sensor, memprosesnya menggunakan logika fuzzy, lalu mengambil keputusan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat-perangkat output berdasarkan tingkat risiko yang terdeteksi. Dengan skema distribusi daya yang efisien—menggunakan tegangan 5V untuk modul sensor dan logika serta 12V untuk aktuator seperti kipas dan pompa air—sistem ini mampu menjalankan seluruh fungsinya dengan optimal dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

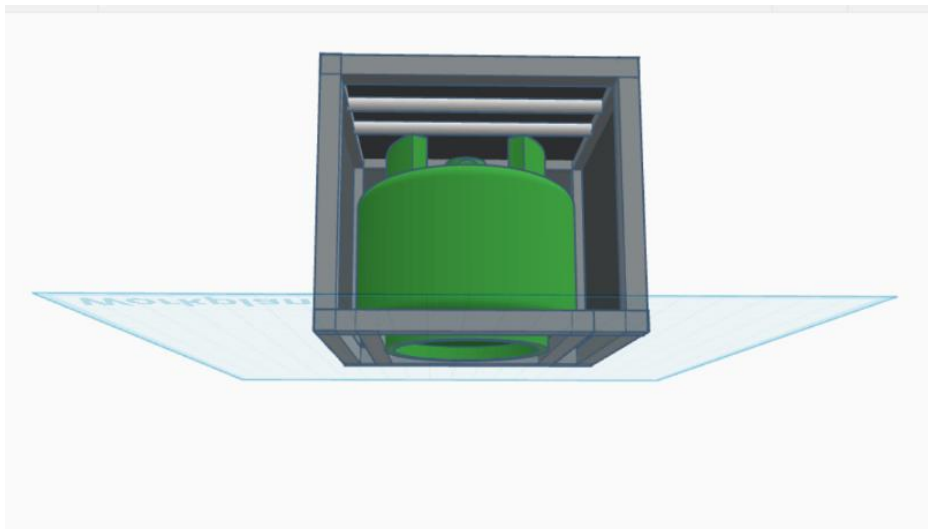
3.5 Desain 3D

Untuk menunjang visualisasi sistem secara menyeluruh dan memberikan representasi fisik dari rancangan perangkat keras yang dikembangkan, dibuatlah desain tiga dimensi (3D) sebagai wujud konkret dari implementasi sistem monitoring dan keamanan dapur berbasis Internet of Things (IoT). Desain 3D ini berperan penting dalam memetakan tata letak komponen elektronik seperti sensor gas TGS 2611, sensor suhu BMP 280, flame sensor, serta modul kontrol utama ESP32 ke dalam bentuk ruang nyata yang presisi dan ergonomis. Melalui pendekatan visual ini, perancangan tidak hanya berorientasi pada fungsionalitas, tetapi juga mempertimbangkan aspek estetika, efisiensi ruang, kemudahan perakitan, serta alur sirkulasi udara dan keamanan perangkat. Selain itu, desain 3D memungkinkan proses validasi awal terhadap kesesuaian posisi koneksi kabel, jalur aliran udara, serta kemudahan akses untuk pemeliharaan sistem. Dengan

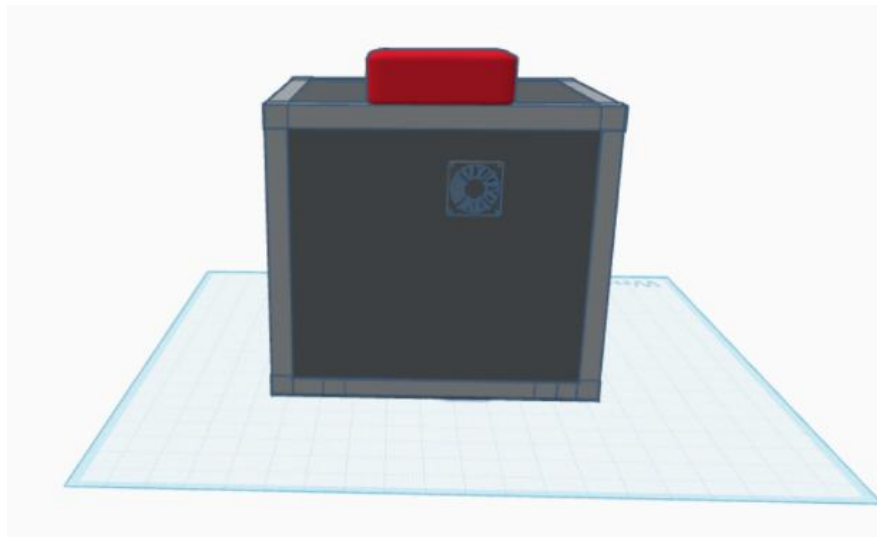
menggunakan perangkat lunak pemodelan seperti SketchUp, Fusion 360, atau SolidWorks, rancangan divisualisasikan secara akurat untuk mempermudah proses produksi fisik dan pengujian di tahap implementasi selanjutnya.



Gambar 3. 4 Tampak Depan Desain



Gambar 3. 5 Tampak Bawah Desain



Gambar 3. 6 Tampak Belakang Desain

Desain di atas merupakan representasi 3D dari sistem yang akan dibangun untuk mendeteksi dan menangani kebakaran pada gas LPG. Dalam desain ini, terlihat bahwa gas LPG 3 kg ditempatkan di dalam kotak pelindung yang terbuat dari bahan besi. Kotak ini dirancang untuk melindungi tabung gas agar tetap aman dan terkendali jika terjadi kebocoran atau insiden lain, sehingga potensi bahaya dapat diminimalkan dengan membatasi pergerakan tabung gas.

Di dalam kotak ini, terdapat komponen-komponen pendukung seperti sensor BM280, sensor TGS-2611, dan sensor Flame yang diletakkan dekat dengan tabung gas. Penempatan sensor-sensor ini memungkinkan sistem untuk mendeteksi perubahan suhu dan kelembapan, adanya gas berbahaya, serta keberadaan api dengan cepat dan akurat. Data dari sensor-sensor ini akan diolah oleh mikrokontroler ESP32 untuk mengaktifkan perangkat yang diperlukan, seperti kipas, pompa air, atau buzzer.

Selain itu, terdapat kotak pelindung khusus untuk melindungi komponen elektronik lainnya, seperti modul IRF520, modul relay, dan modul step-down. Kotak pelindung ini dirancang untuk menjaga komponen-komponen tersebut dari kerusakan akibat suhu tinggi atau dampak mekanis. Modul step-down digunakan untuk menurunkan tegangan dari sumber daya 12V menjadi 5V, yang kemudian disalurkan ke berbagai sensor dan mikrokontroler. Sementara itu, modul relay dan

IRF520 berfungsi untuk mengontrol perangkat output seperti kipas, pompa, katup gas, dan buzzer. Desain ini memastikan bahwa seluruh sistem dapat beroperasi dengan aman, efisien, dan andal dalam menangani potensi kebakaran pada tabung gas LPG.

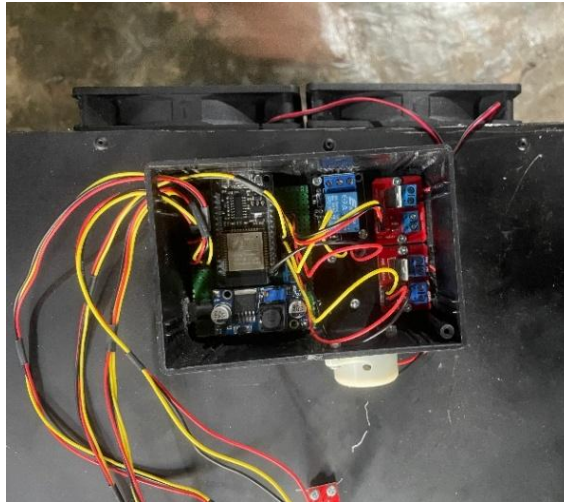
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 *Overview* Sistem



Gambar 4. 1 Perancangan Perangkat Keras

Untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai cara kerja sistem dapur pintar berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan, bagian ini menyajikan penjabaran arsitektur sistem secara umum. Sistem ini dirancang untuk memantau dan merespons kondisi lingkungan dapur secara otomatis melalui sensor gas (TGS-2611) dan suhu (BMP280), serta mengaktifkan aktuator seperti buzzer, kipas (fan), dan pompa air berdasarkan logika fuzzy yang tertanam dalam mikrokontroler ESP32. Selain pengendalian perangkat keras, sistem juga terintegrasi dengan aplikasi seluler berbasis Kodular yang memungkinkan pengguna menerima notifikasi secara real-time melalui protokol komunikasi MQTT. Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna dapur, sekaligus menunjukkan penerapan teknologi cerdas dalam lingkungan rumah tangga yang adaptif dan efisien.



Gambar 4. 2 Perancangan Sistem

Pada sistem smart home yang dirancang ini, kontrol suhu dan kualitas udara dilakukan menggunakan kombinasi sensor BMP-280 dan sensor TGS-2611, dikendalikan melalui aplikasi berbasis IoT menggunakan Kondular. Sistem ini berbentuk kotak besi yang berdimensi $40 \times 50 \times 40$ cm. Aplikasi pada smartphone menyediakan antarmuka pengguna (UI) yang lengkap, di mana pengguna dapat memilih mode otomatis atau manual. Pada mode otomatis, sistem akan aktif menyesuaikan suhu berdasarkan logika *fuzzy* mamdani dan mengaktifkan kipas.

Dalam pengaturan suhu, pengguna dapat menentukan setpoint melalui aplikasi, dan sistem akan mengatur kerja kipas (fan) untuk mendinginkan atau menstabilkan udara di dalam ruangan. Sensor BMP-280 memantau suhu dan kelembaban secara real-time, sementara sensor TGS-2611 bertugas mendeteksi kualitas udara. Apabila sensor TGS-2611 mendeteksi tingkat polusi udara meningkat, sistem akan secara otomatis mengaktifkan fan pembuangan untuk menghembuskan udara kotor keluar ruangan, menjaga kualitas udara tetap bersih.

Aplikasi ini juga memberikan kontrol lampu di berbagai ruangan secara manual melalui UI, memungkinkan pengguna menyalakan atau mematikan lampu ruang tamu, kamar depan, dan kamar belakang sesuai kebutuhan.

Secara keseluruhan, sistem ini mampu mengontrol suhu dan kualitas udara secara responsif di area ruangan yang cukup besar dan tertutup. Pemanfaatan metode fuzzy logic Mamdani membuat perubahan suhu berlangsung secara

bertahap, lebih alami, dan efisien dalam konsumsi energi. Dengan pengaturan yang fleksibel, baik otomatis maupun manual, serta integrasi IoT melalui Kondular, sistem ini berhasil menciptakan keamanan suhu dan udara bersih yang optimal dalam lingkungan industri maupun rumah.

4.2 Overview Pengujian

Pengujian alat pada sistem dapur pintar berbasis IoT ini difokuskan pada beberapa aspek utama, yaitu kinerja sensor dalam membaca data lingkungan, efektivitas fungsi otomatisasi berbasis logika fuzzy, keandalan antarmuka pengguna (user interface) melalui platform Kodular, stabilitas komunikasi data via protokol MQTT, serta aspek keselamatan sistem terhadap pengguna. Prototipe yang dikembangkan secara khusus menitikberatkan pada aspek pengendalian suhu dan kualitas udara, dengan pendekatan logika fuzzy sebagai inti pengambilan keputusan. Penggunaan metode fuzzy Mamdani dipilih karena mampu merepresentasikan persepsi manusia yang bersifat subjektif dan tidak eksak, khususnya dalam menilai kenyamanan suhu. Hal ini sejalan dengan kecenderungan masyarakat yang sering kali menilai suhu berdasarkan perasaan atau pengalaman, bukan berdasarkan angka eksak.

Validasi sistem dilakukan melalui pendekatan eksperimental, dengan membandingkan data keluaran sistem terhadap data referensi atau kondisi aktual yang telah diketahui sebelumnya. Pengujian dilakukan dalam berbagai skenario lingkungan untuk mengamati seberapa cepat dan akurat sistem merespons perubahan kondisi.

Untuk pengujian kualitas udara, sistem diberikan gas buatan (simulasi kebocoran) guna mengevaluasi sensitivitas dan waktu respons sensor gas TGS-2611 dalam mendeteksi konsentrasi gas berbahaya. Sementara itu, pengujian suhu dilakukan dengan memanipulasi kondisi termal di dalam lingkungan tertutup guna mengamati bagaimana sistem berpindah dari satu kondisi fuzzy ke kondisi lainnya, misalnya dari "hangat" ke "panas" atau "dingin" ke "sejuk". Seluruh pengujian dilakukan di dalam sebuah kotak simulasi berukuran $40 \times 50 \times 40$ cm yang didesain untuk menyerupai kondisi nyata dapur skala kecil. Kotak ini

dilengkapi dengan sensor, aktuator, serta sistem pemanas dan pendingin buatan guna menciptakan variasi suhu dan kualitas udara yang diinginkan. Data hasil pengukuran dikumpulkan secara sistematis dan dianalisis menggunakan metode kuantitatif serta interpretasi logika fuzzy untuk menilai keakuratan sistem dalam menjaga suhu dan kualitas udara sesuai dengan standar kenyamanan manusia. Dengan demikian, pengujian ini tidak hanya menilai kinerja perangkat keras, tetapi juga menguji kecerdasan buatan yang diterapkan melalui sistem fuzzy dalam konteks lingkungan nyata.

4.3 Langkah-Langkah Pengambilan Data

Langkah-langkah yang dilakukan saat melakukan pengambilan data pengujian alat adalah sebagai berikut :

1. Aktivasi Alat : Hidupkan alat dengan mengaktifkan switch utama. Pastikan semua komponen menyala dan sistem dalam kondisi siap.
2. Pemeriksaan Koneksi Jaringan dan Komunikasi : Pastikan jaringan yang digunakan berfungsi dengan baik tanpa gangguan, dan komunikasi antara laptop dan alat tidak mengalami kendala.
3. Pengecekan Fungsi Alat : Lakukan pengecekan menyeluruh terhadap setiap fungsi alat, termasuk pemeriksaan kabel dan program, untuk memastikan tidak ada masalah teknis sebelum pengujian dimulai.
4. Pelaksanaan Tugas Alat : Jalankan alat sesuai dengan fungsinya, dengan menyesuaikan kondisi suhu yang terdeteksi oleh sensor BMP-280. Sistem fuzzy logic akan memproses data suhu tersebut untuk menyesuaikan pengaturan suhu yang optimal. Selanjutnya, lakukan pengujian terhadap perubahan suhu yang terjadi, misalnya dengan menggunakan fan untuk meningkatkan suhu di dalam ruangan. Selain itu, kualitas udara akan diuji dengan memberikan gas buatan (seperti menggunakan korek api) untuk mengevaluasi respons sensor terhadap perubahan kualitas udara tersebut.
5. Pencatatan Data : Catat semua data yang diperoleh ke dalam log book. Pastikan seluruh data tercatat dengan lengkap dan rapi agar dapat dianalisis secara akurat di tahap selanjutnya.

4.4 Penjelasan Konsep *Fuzzy*

4.4.1 Kurva Keanggotaan *Fuzzy* Suhu



Gambar 4. 3 Kurva Keanggotaan Fuzzy Suhu

Gambar kurva keanggotaan fuzzy suhu di atas menggambarkan bagaimana sistem logika fuzzy mengklasifikasikan suhu dalam tiga kategori linguistik, yaitu *Normal*, *Hangat*, dan *Panas*. Kurva ini menggunakan bentuk trapesium yang saling tumpang tindih (overlap) untuk mencerminkan derajat keanggotaan (μ) suatu suhu terhadap masing-masing kategori.

Kurva berwarna biru menunjukkan suhu yang tergolong *Normal*, yaitu ketika suhu berada pada atau di bawah 25°C, dengan derajat keanggotaan penuh ($\mu = 1$). Seiring meningkatnya suhu hingga mencapai 30°C, derajat keanggotaan *Normal* menurun secara linier hingga nol. Digunakan saat nilai input semakin tinggi menyebabkan keanggotaan semakin besar, seperti suhu menuju panas.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{jika } a < x < b \\ 1 & \text{jika } x \geq b \end{cases}$$

Suhu yang dikategorikan sebagai *Hangat* ditandai dengan kurva berwarna oranye. Derajat keanggotaan mulai terbentuk sejak suhu 28°C dan mencapai nilai

maksimum ($\mu = 1$) pada rentang suhu antara 30°C hingga 35°C. Setelah melewati 35°C, derajat keanggotaan mulai menurun dan menjadi nol pada suhu 38°C. Sementara itu, suhu yang tergolong *Panas* direpresentasikan oleh kurva berwarna merah. Derajat keanggotaan untuk kategori ini mulai muncul dari suhu 36°C dan meningkat secara bertahap hingga mencapai maksimum ($\mu = 1$) pada suhu 40°C atau lebih.

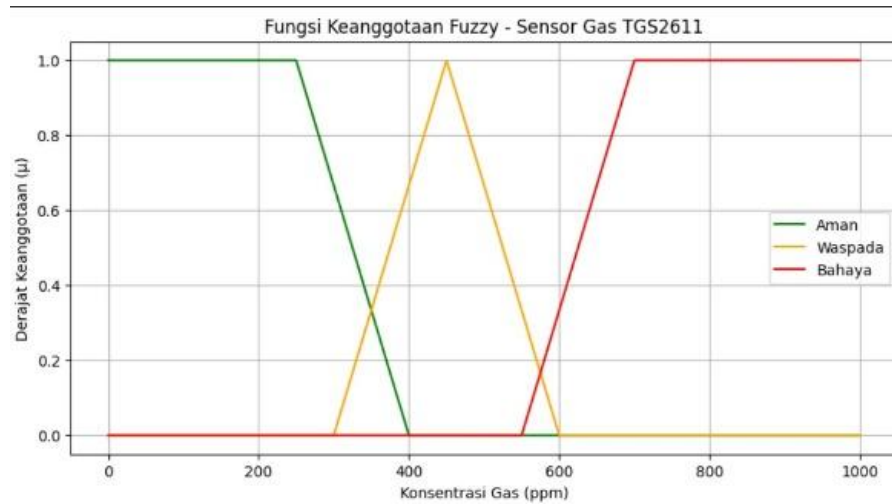
Karakteristik penting dari grafik ini adalah adanya overlap antar kurva, yang memungkinkan satu nilai suhu termasuk dalam dua kategori sekaligus dengan nilai keanggotaan berbeda. Sebagai contoh, suhu 29°C mungkin memiliki keanggotaan sebagian dalam kategori *Normal* sekaligus *Hangat*.

Pendekatan ini mencerminkan fleksibilitas sistem fuzzy dalam menangani ketidakpastian dan ambiguitas. Digunakan saat nilai input semakin tinggi menyebabkan keanggotaan semakin kecil, seperti suhu yang keluar dari kategori “Normal”.

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a} & \text{jika } a < x < b \\ 0 & \text{jika } x \geq b \end{cases}$$

Kurva seperti ini sering digunakan dalam berbagai sistem cerdas, seperti pengendali suhu otomatis, sistem dapur pintar, atau aplikasi berbasis IoT, untuk membantu pengambilan keputusan yang lebih halus dan adaptif.

4.4.2 Kurva Keanggotaan *Fuzzy* Sensor Gas TGS-2611



Gambar 4. 4 Kurva Keanggotaan Fuzzy Sensor Gas TGS-2611

Gambar kurva di atas menggambarkan fungsi keanggotaan fuzzy untuk sensor gas **TGS2611** berdasarkan nilai konsentrasi gas dalam satuan ppm (part per million). Grafik ini dibagi menjadi tiga kategori linguistik, yaitu *Aman*, *Waspada*, dan *Bahaya*, yang masing-masing memiliki rentang keanggotaan tertentu tergantung pada nilai konsentrasi gas yang terbaca. Kurva berwarna hijau mewakili kondisi *Aman*, di mana sistem menganggap tidak ada potensi kebocoran gas yang berbahaya.

$$\frac{R_s}{R_0}$$

R_s = resistansi saat terdeteksi gas

R_0 = resistansi standar di udara bersih

Pada rentang 0 hingga sekitar 300 ppm, derajat keanggotaan kategori ini bernilai maksimal ($\mu = 1$). Setelah melewati titik ini, keanggotaan menurun secara

bertahap hingga mencapai nol pada kisaran 400 ppm. Artinya, sistem mulai menganggap kondisi tidak sepenuhnya aman saat konsentrasi gas mendekati ambang batas tersebut.

Kategori *Waspada* diwakili oleh kurva berwarna oranye. Fungsi keanggotaannya mulai terbentuk pada sekitar 300 ppm dan mencapai nilai maksimum pada kisaran 450 ppm. Setelah itu, nilainya mulai menurun dan berakhir mendekati nol di kisaran 600 ppm. Bagian ini menggambarkan fase transisi di mana sistem mulai merespons secara lebih hati-hati, misalnya dengan menyalakan alarm ringan atau meningkatkan ventilasi. Dengan kata lain, jika gas berada dalam kisaran ini, sistem memberikan peringatan dini tanpa langsung memicu tindakan darurat.

Sementara itu, kurva berwarna merah menunjukkan kategori *Bahaya*, yang berarti konsentrasi gas telah melewati ambang batas aman. Fungsi keanggotaannya mulai aktif dari sekitar 550 ppm dan naik hingga mencapai maksimum pada sekitar 650 ppm. Setelah titik ini, nilai keanggotaan tetap berada di level tertinggi ($\mu = 1$), menunjukkan bahwa sistem harus segera merespons dengan tindakan pencegahan penuh seperti menutup *Water Pump*, mematikan sumber api, atau membunyikan alarm keras. Secara keseluruhan, bentuk kurva fuzzy ini memungkinkan sistem mengenali kondisi secara bertahap dan fleksibel, sehingga dapat memberikan respons yang sesuai terhadap berbagai tingkat risiko kebocoran gas yang terdeteksi.

4.4.3 Aturan Basis *Fuzzy*

Untuk mendukung proses pengambilan keputusan secara cerdas dalam sistem monitoring dan keamanan dapur berbasis IoT ini, digunakan metode logika fuzzy dengan pendekatan aturan (rule-based system) yang menggabungkan berbagai parameter sensor sebagai variabel input. Parameter yang digunakan meliputi kondisi gas (aman, waspada, bahaya), suhu (dingin, normal, panas), serta status deteksi api (terdeteksi atau tidak terdeteksi). Ketiga parameter tersebut kemudian diproses menggunakan aturan logika fuzzy untuk menghasilkan output yang merepresentasikan tingkat risiko situasional, yaitu aman, waspada, atau bahaya dalam berbagai tingkatan.

Tabel berikut merangkum 12 aturan fuzzy (fuzzy rules) yang dirancang berdasarkan kombinasi kondisi input, untuk menghasilkan output keputusan yang sesuai. Setiap rule memuat kondisi logis yang harus dipenuhi, dan hasil akhirnya akan menentukan aksi lanjutan dari sistem seperti aktivasi buzzer, fan, atau pompa air. Aturan-aturan ini merupakan inti dari sistem inferensi fuzzy yang diimplementasikan pada mikrokontroler ESP32 guna memastikan respons sistem yang adaptif dan sesuai dengan tingkat ancaman yang terdeteksi:

Tabel 4. 1 Aturan Basis *Fuzzy*

No	Rule	Output
1	IF Gas Aman AND Suhu Normal AND Flame Tidak Terdeteksi THEN Aman	Aman
2	IF Gas Waspada AND Suhu Normal AND Flame Tidak Terdeteksi THEN Waspada	Waspada
3	IF Gas Bahaya AND Suhu Normal AND Flame Tidak Terdeteksi THEN Bahaya	Bahaya
4	IF Gas Waspada AND Suhu Panas AND Flame Tidak Terdeteksi THEN Bahaya	Bahaya
5	IF Gas Aman AND Suhu Panas AND Flame Tidak Terdeteksi THEN Waspada	Waspada
6	IF Gas Aman AND Suhu Normal AND Flame Terdeteksi THEN Waspada	Waspada
7	IF Gas Waspada AND Suhu Normal AND Flame Terdeteksi THEN Bahaya	Bahaya
8	IF Gas Bahaya AND Suhu Panas AND Flame Terdeteksi THEN Bahaya	Bahaya (tinggi)
9	IF Gas Bahaya AND Suhu Normal AND Flame Terdeteksi THEN Bahaya	Bahaya
10	IF Gas Waspada AND Suhu Dingin AND Flame Tidak Terdeteksi THEN Aman	Aman
11	IF Gas Aman AND Suhu Dingin AND Flame Terdeteksi THEN Waspada	Waspada
12	IF Gas Bahaya AND Suhu Dingin AND Flame Terdeteksi THEN Bahaya	Bahaya

Sistem ini menggabungkan tiga input utama: konsentrasi gas, suhu, dan deteksi api, masing-masing dengan kategori linguistik gas: **Aman**, **Waspada**,

Bahaya; suhu: Dingin, Normal, Panas; api: Terdeteksi dan Tidak Terdeteksi.

```
IF Gas = Bahaya AND Suhu = Normal AND Api = Terdeteksi THEN Tingkat Bahaya = Bahaya
```

Output berupa tingkat bahaya juga diklasifikasikan ke dalam tiga kategori yang sama. Rule base fuzzy menggabungkan kondisi input secara logis untuk menghasilkan keputusan yang sesuai. Misalnya, jika gas **Aman**, suhu **Normal**, dan **tidak ada api**, maka kondisi dinilai **Aman**.

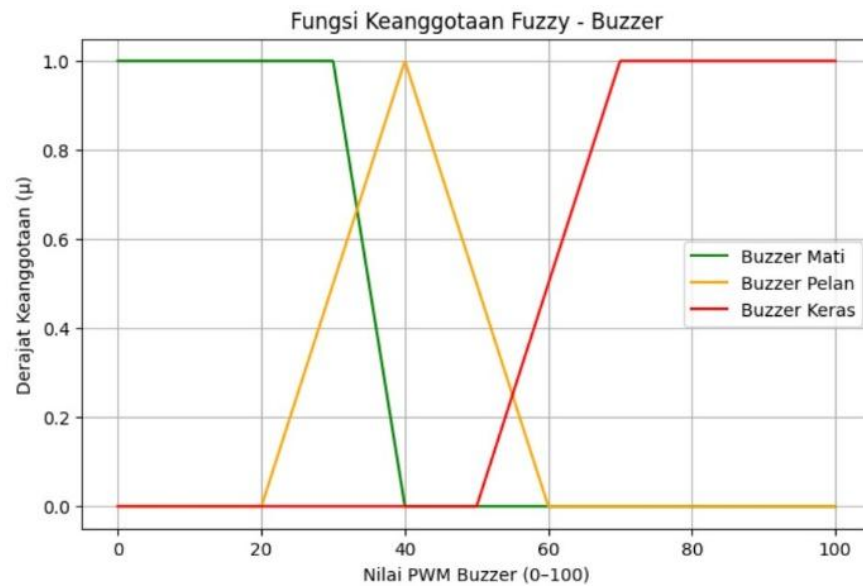
Namun, jika gas **Bahaya** dan **flame terdeteksi**, meskipun suhu **Normal**, sistem memberi status **Bahaya**. Begitu pula jika suhu **Panas** dan gas **Waspada** tanpa adanya api, sistem tetap meningkatkan tingkat bahaya.

Pendekatan fuzzy ini memungkinkan penilaian bertahap dan keputusan lebih bijak dibanding logika biner. Hasil keputusan dapat digunakan untuk mengaktifkan alarm, mematikan gas, menyalakan kipas, atau mengirim notifikasi, sehingga sistem mampu memberikan respons proporsional sesuai kondisi.

4.4.4 Fungsi Keanggotaan *Fuzzy Buzzer*

Untuk mengatur intensitas bunyi alarm secara fleksibel berdasarkan tingkat kedaruratan yang terdeteksi oleh sistem, digunakan pendekatan logika fuzzy dalam pengendalian buzzer. Salah satu komponen penting dalam metode fuzzy adalah fungsi keanggotaan, yang digunakan untuk memetakan nilai masukan numerik ke dalam bentuk linguistik. Pada sistem ini, nilai masukan berupa sinyal PWM (Pulse Width Modulation) dengan rentang 0 hingga 100 yang mewakili intensitas buzzer, diklasifikasikan ke dalam tiga himpunan fuzzy, yaitu Buzzer Mati, Buzzer Pelan, dan Buzzer Keras.

Gambar berikut menunjukkan representasi visual dari fungsi keanggotaan fuzzy untuk variabel output buzzer.



Gambar 4. 5 Fungsi Keanggotaan Fuzzy Buzzer

Gambar kurva di atas memperlihatkan fungsi keanggotaan fuzzy untuk kendali suara buzzer berdasarkan nilai PWM dalam rentang 0 hingga 100. Grafik ini membagi intensitas buzzer ke dalam tiga kategori, yaitu *Buzzer Mati*, *Buzzer Pelan*, dan *Buzzer Keras*, yang masing-masing ditunjukkan oleh warna hijau, oranye, dan merah. Setiap kategori menggambarkan seberapa besar derajat keanggotaan suatu nilai PWM terhadap intensitas suara buzzer yang diinginkan.

$$\text{Duty Cycle (\%)} = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} \times 100$$

Pada nilai PWM 0 hingga sekitar 35, buzzer berada dalam kondisi *mati* dengan nilai keanggotaan penuh ($\mu = 1$), seperti terlihat dari garis hijau yang mendatar. Artinya, dalam kisaran ini buzzer tidak menghasilkan suara. Namun, ketika nilai PWM mulai meningkat dari angka 30 hingga 40, kurva hijau menurun, sementara kurva oranye, yang menunjukkan *Buzzer Pelan*, mulai naik. Nilai maksimal dari *Buzzer Pelan* tercapai pada sekitar PWM 40 hingga 50, menandakan bahwa dalam rentang tersebut buzzer akan menyala dengan suara pelan. Setelah itu, keanggotaan untuk kategori ini mulai menurun secara perlahan.

Di sisi lain, kurva merah yang menunjukkan *Buzzer Keras* mulai naik

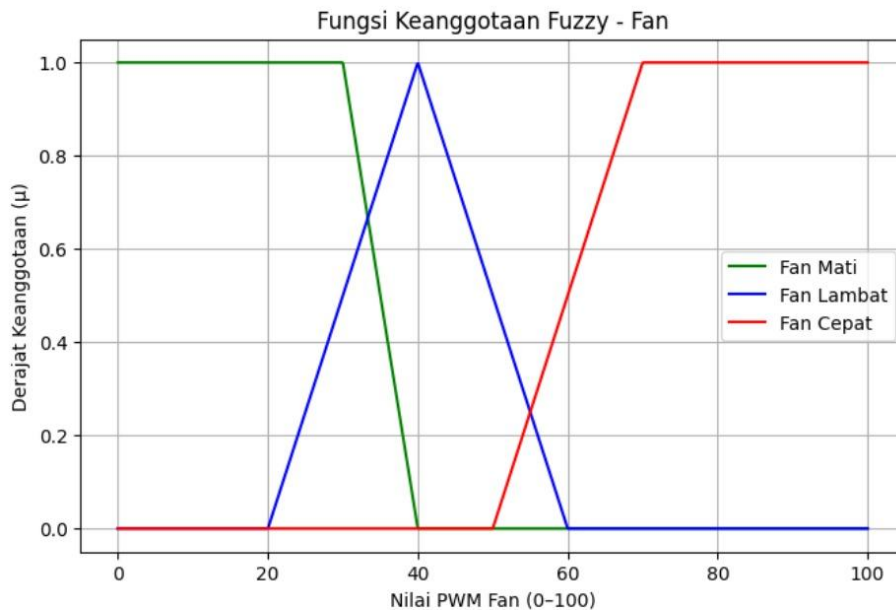
setelah PWM melewati angka 50. Kategori ini mencapai nilai keanggotaan penuh pada sekitar PWM 60 ke atas. Dengan begitu, semakin tinggi nilai PWM melebihi angka tersebut, buzzer akan menghasilkan suara yang lebih keras dan tegas. Nilai keanggotaan fuzzy untuk *Buzzer Keras* bertahan di angka maksimum hingga PWM mendekati 100.

Melalui pendekatan fuzzy seperti ini, sistem dapat mengatur intensitas buzzer secara bertahap dan halus sesuai dengan kondisi yang terdeteksi oleh sensor. Alih-alih langsung mengaktifkan atau menonaktifkan suara buzzer secara biner, sistem ini memberikan fleksibilitas untuk merespons kondisi ringan, waspada, hingga darurat dengan tingkat suara yang berbeda, sehingga lebih adaptif dan efisien dalam memberikan peringatan.

4.4.5 Fungsi Keanggotaan *Fuzzy Fan*

Sebagai bagian dari sistem kendali otomatis berbasis logika fuzzy, pengaturan kecepatan kipas (fan) dilakukan dengan menggunakan fungsi keanggotaan fuzzy yang merepresentasikan variabel output ke dalam bentuk linguistik. Tujuan utama dari pemodelan ini adalah agar sistem dapat mengatur kecepatan kipas secara adaptif berdasarkan kondisi suhu dan gas di lingkungan dapur. Nilai keluaran berupa sinyal PWM (Pulse Width Modulation) dengan rentang 0 hingga 100 digunakan untuk menentukan tingkat kecepatan kipas, dan dibagi ke dalam tiga himpunan fuzzy: **Fan Mati**, **Fan Lambat**, dan **Fan Cepat**.

Gambar berikut menunjukkan kurva fungsi keanggotaan untuk output fan:



Gambar 4. 6 Fungsi Keanggotaan Fuzzy Fan

Gambar di atas menampilkan kurva keanggotaan fuzzy untuk pengaturan kecepatan kipas (fan) berdasarkan nilai PWM (Pulse Width Modulation) dalam skala 0 hingga 100. Dalam sistem pengendalian berbasis logika fuzzy, kurva ini digunakan untuk menentukan tingkat kecepatan kipas secara bertahap sesuai dengan kebutuhan sistem, seperti pengendalian suhu atau pendeteksian gas. Terdapat tiga kategori kecepatan yang diwakili oleh tiga warna berbeda: hijau untuk *Fan Mati*, biru untuk *Fan Lambat*, dan merah untuk *Fan Cepat*.

Pada bagian awal kurva, yaitu nilai PWM antara 0 hingga mendekati 40, kipas berada dalam kondisi *mati* sepenuhnya. Ini ditunjukkan oleh derajat keanggotaan μ yang bernilai 1 pada rentang ini untuk kategori *Fan Mati*. Namun, ketika nilai PWM mulai mendekati 40, keanggotaan *Fan Mati* menurun secara perlahan, sementara keanggotaan *Fan Lambat* (biru) mulai naik. Pada titik sekitar 40, terjadi transisi penuh dari kondisi mati ke lambat, dengan *Fan Lambat* memiliki nilai keanggotaan tertinggi.

Kategori *Fan Lambat* mencakup rentang nilai PWM sekitar 20 hingga 60, di mana kecepatan kipas berada pada tingkat menengah. Saat nilai PWM terus meningkat melewati angka 60, keanggotaan *Fan Lambat* menurun, dan pada saat yang sama, *Fan Cepat* mulai aktif. Warna merah mewakili kondisi ini, dan

menunjukkan bahwa pada nilai PWM di atas 60, kipas bekerja dengan kecepatan tinggi. Pada titik ini, derajat keanggotaan *Fan Cepat* mencapai angka maksimal ($\mu = 1$) dan tetap stabil untuk nilai PWM mendekati 100.

$$\text{Duty Cycle (\%)} = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} \times 100$$

Kurva ini memberikan fleksibilitas bagi sistem dalam menentukan kecepatan kipas secara bertahap, tidak langsung melonjak dari mati ke cepat. Transisi halus ini memungkinkan sistem memberikan respons yang lebih tepat dan efisien berdasarkan kondisi lingkungan, baik dalam sistem pendingin, ventilasi otomatis, maupun aplikasi lain dalam sistem cerdas berbasis fuzzy logic.

4.5 Pengujian Sensor Terhadap Gas

4.5.1 Percobaan Sensor *Flame*

Untuk menguji sensitivitas dan respons sistem terhadap keberadaan api, dilakukan eksperimen dengan memvariasikan jarak sumber api terhadap dua sensor flame yang dipasang secara strategis. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam mendeteksi keberadaan api dari berbagai arah dan jarak, serta memastikan bahwa output berupa aktivasi water pump (pompa air) berfungsi secara otomatis saat kondisi darurat terdeteksi. Sensor flame menghasilkan sinyal digital dengan dua kondisi, yaitu LOW ketika tidak mendeteksi api, dan HIGH ketika api terdeteksi. Berdasarkan kombinasi logika dari kedua sensor, sistem akan menentukan apakah water pump perlu diaktifkan atau tidak.

Tabel 4. 2 Tabel Percobaan Sensor Flame

No	Jarak Api ke Sensor Flame	Flame Sensor 1	Flame Sensor 2	<i>Water Pump</i>
1	30 cm	LOW	LOW	Buka
2	15 cm	LOW	HIGH	Tutup
3	10 cm	HIGH	LOW	Tutup

4	5 cm	HIGH	HIGH	Tutup
---	------	------	------	-------

Tabel di atas menunjukkan hasil pengujian dua buah sensor *flame* terhadap jarak api, serta respons aktuator *Water Pump* yang dikendalikan berdasarkan deteksi dari sensor tersebut. Pengujian dilakukan dengan empat variasi jarak antara sumber api dan sensor, yaitu 30 cm, 15 cm, 10 cm, dan 5 cm. Pada jarak 30 cm, kedua sensor tidak mendeteksi adanya nyala api, ditunjukkan dengan status “LOW” pada *Flame Sensor 1* dan *Flame Sensor 2*. Karena tidak ada sinyal deteksi bahaya, *Water Pump* dalam kondisi “Buka”, yang mengindikasikan sistem berada pada situasi aman.

Ketika jarak dipersempit menjadi 15 cm, hanya *Flame Sensor 2* yang mendeteksi api (HIGH), sementara *Flame Sensor 1* masih menunjukkan “LOW”. Meski hanya satu sensor yang aktif, *Water Pump* langsung merespons dengan menutup aliran (status “Tutup”), yang berarti sistem menganggap adanya potensi bahaya. Hal serupa juga terjadi pada jarak 10 cm, di mana *Flame Sensor 1* mendeteksi api, sedangkan *Flame Sensor 2* tidak. *Water Pump* tetap merespons dengan menutup. Pada jarak terdekat, yaitu 5 cm, kedua sensor secara bersamaan mendeteksi api, yang diperkuat oleh sinyal “HIGH” dari keduanya, dan *Water Pump* kembali dalam posisi “Tutup”.

Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa sistem cukup sensitif terhadap deteksi api, dan cukup satu sensor saja yang mendeteksi untuk memicu respons otomatis dari *Water Pump*. Artinya, sistem pengaman bekerja secara optimal untuk mencegah potensi bahaya, dengan menutup aliran saat terdapat indikasi keberadaan api di dekat sensor *flame*.

4.5.2 Percobaan Sensor Gas TGS 2611 Dan BMP 280

Untuk memastikan bahwa sistem keamanan dapur berbasis IoT bekerja secara responsif dan adaptif terhadap perubahan lingkungan, dilakukan pengujian kombinasi antara data yang dibaca dari sensor gas TGS2611 dan sensor suhu BMP280. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas logika fuzzy dalam mengatur perangkat output, yaitu fan, buzzer, dan water pump,

berdasarkan tingkat potensi bahaya yang terdeteksi. Setiap kombinasi kondisi gas dan suhu yang diamati dipetakan terhadap keluaran sistem dalam bentuk kecepatan fan (mati, lambat, cepat), intensitas buzzer (mati, pelan, keras), serta status water pump (buka/tutup).

Gas (TGS2611)	Suhu (BMP280)	Fan	Buzzer	<i>Water Pump</i>
Aman	Normal	Mati	Mati	Buka
Aman	Hangat	Lambat	Pelan	Buka
Aman	Panas	Cepat	Keras	Buka
Waspada	Normal	Lambat	Pelan	Buka
Waspada	Hangat	Cepat	Keras	Buka
Waspada	Panas	Cepat	Keras	Tutup
Bahaya	Normal	Cepat	Keras	Tutup
Bahaya	Hangat	Cepat	Keras	Tutup
Bahaya	Panas	Cepat	Keras	Tutup

Tabel 4. 3 Percobaan sensor gas TGS 2611 Dan BMP 280

Tabel diatas menampilkan hasil pengujian kombinasi pembacaan dua sensor, yaitu sensor gas TGS-2611 untuk deteksi tingkat kebocoran gas dan sensor suhu BMP-280 untuk memantau suhu lingkungan. Data ini digunakan untuk menentukan respons sistem otomatis berupa pengaktifan kipas (fan), bunyi buzzer, dan aktuasi *Water Pump* berdasarkan kondisi yang terdeteksi.

Saat kondisi gas terdeteksi “Aman”, sistem menunjukkan respons yang berbeda tergantung pada suhu. Jika suhu juga normal, maka kipas dalam keadaan mati, buzzer tidak menyala, dan *Water Pump* tetap terbuka karena dianggap tidak ada potensi bahaya. Namun, jika suhu mulai meningkat menjadi hangat, kipas akan menyala dengan kecepatan lambat, buzzer berbunyi pelan, dan *Water Pump* tetap dibiarkan terbuka. Pada kondisi suhu panas, meskipun gas masih dalam kategori aman, sistem mulai lebih siaga dengan mengaktifkan kipas pada kecepatan tinggi dan membunyikan buzzer keras, tetapi *Water Pump* tetap terbuka karena belum masuk kategori bahaya.

Ketika sensor gas mendeteksi status “Waspada”, artinya mulai ada indikasi kebocoran gas meskipun belum membahayakan. Jika suhu normal, kipas hanya berputar pelan dan buzzer berbunyi pelan, namun *Water Pump* tetap terbuka. Saat

suhu naik ke kategori hangat atau panas, kipas langsung bekerja cepat, buzzer berbunyi keras, dan pada kondisi suhu panas, sistem langsung mengaktifkan tindakan pencegahan dengan menutup *Water Pump*, sebagai langkah proteksi awal terhadap potensi bahaya.

Pada level tertinggi, yaitu status gas “Bahaya”, yang berarti konsentrasi gas berbahaya telah terdeteksi, sistem merespons secara maksimal di semua kondisi suhu. Meskipun suhu masih tergolong normal, kipas langsung menyala cepat, buzzer berbunyi keras, dan *Water Pump* ditutup untuk menghentikan aliran yang berpotensi memperparah situasi. Hal yang sama juga terjadi ketika suhu hangat maupun panas; respons sistem tetap agresif dengan kipas dan buzzer aktif secara maksimal, serta *Water Pump* tertutup rapat sebagai langkah antisipatif.

Dari keseluruhan pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa sistem bekerja secara bertahap dan cerdas. Ia menyesuaikan intensitas respons berdasarkan kombinasi dari dua parameter utama, yaitu tingkat gas dan suhu. Sistem ini dirancang untuk memberikan perlindungan bertingkat dimulai dari peringatan awal hingga reaksi penuh ketika mencapai tingkat bahaya.

4.5.3 Percobaan *Fuzzy*

Dalam rangka menguji keandalan sistem kontrol berbasis logika fuzzy yang diterapkan pada sistem dapur pintar, dilakukan pengujian terhadap kombinasi kondisi gas dan suhu untuk mengetahui respons otomatis dari perangkat-perangkat output seperti fan, buzzer, dan water pump. Sensor TGS2611 digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas berbahaya, sedangkan sensor BMP280 digunakan untuk mengukur suhu lingkungan. Tabel berikut menyajikan berbagai skenario kombinasi kondisi gas dan suhu, serta bagaimana sistem meresponsnya :

Tabel 4. 4 Percobaan Fuzzy

No	Jarak Korek Gas	Gas (ppm)	Kategori Gas	Suhu (°C)	Kategori Suhu	Fan	Buzzer	<i>Water Pump</i>
1	20 cm	250	Aman	25.1	Normal	Mati	Mati	Buka
2	10 cm	350	Aman	26.0	Normal	Mati	Mati	Buka

3	7 cm	400	Waspada	26.3	Normal	Lambat	Pelan	Buka
4	5 cm	500	Waspada	27.0	Normal	Lambat	Pelan	Buka
5	3 cm	600	Bahaya	27.3	Normal	Cepat	Keras	Tutup
6	2 cm	620	Bahaya	26.7	Normal	Cepat	Keras	Tutup

Tabel di atas merupakan hasil percobaan sistem fuzzy yang mengintegrasikan pembacaan sensor gas dan suhu dalam merespons tingkat bahaya secara bertahap. Variabel yang diuji meliputi jarak korek gas terhadap sensor, konsentrasi gas dalam satuan ppm, kategori bahaya gas berdasarkan konsentrasi tersebut, serta suhu lingkungan dan kategorinya. Selain itu, ditampilkan juga bagaimana sistem mengatur tiga komponen responsif utama, yaitu kipas (fan), buzzer, dan aktuator *Water Pump*, berdasarkan kondisi yang terdeteksi.

Pada dua baris pertama, ketika jarak korek gas masih cukup jauh (20 cm dan 10 cm), konsentrasi gas berada di bawah 350 ppm. Sistem mengkategorikan kondisi ini sebagai *Aman*, dengan suhu yang juga berada dalam kategori *Normal* (sekitar 25–26 °C). Dalam keadaan ini, kipas dan buzzer dalam kondisi *mati*, dan *Water Pump* tetap *terbuka*, menandakan tidak ada risiko signifikan yang memerlukan respons sistem.

$$z = \frac{\int \mu(z) \cdot z \, dz}{\int \mu(z) \, dz}$$

Di mana $\mu(z)$ adalah nilai fungsi keanggotaan fuzzy dari output seperti kecepatan fan atau suara buzzer

Memasuki baris ketiga dan keempat, jarak antara korek gas dan sensor semakin dekat (7 cm dan 5 cm), sehingga konsentrasi gas meningkat menjadi 400–500 ppm. Kondisi ini mulai masuk dalam kategori *Waspada*. Meskipun suhu tetap berada di kisaran *Normal*, sistem mulai menunjukkan reaksi ringan: kipas menyala dengan kecepatan lambat dan buzzer mulai berbunyi pelan. Namun, karena belum mencapai ambang bahaya, *Water Pump* tetap dalam posisi *terbuka*.

Pada baris kelima dan keenam, dengan jarak korek yang sangat dekat (3 cm dan 2 cm), konsentrasi gas meningkat signifikan hingga mencapai 600–620 ppm.

Sistem mendeteksi kondisi ini sebagai *Bahaya*. Meskipun suhu lingkungan tetap normal, sistem segera meningkatkan responsnya secara maksimal. Kipas berputar cepat, buzzer berbunyi keras sebagai tanda peringatan serius, dan *Water Pump* langsung *ditutup* untuk mencegah aliran gas atau bahan lain yang berisiko memperburuk situasi.

Melalui hasil percobaan ini, terlihat bahwa sistem fuzzy mampu memberikan respons yang bertingkat secara logis dan akurat. Mulai dari kondisi aman tanpa reaksi, hingga keadaan darurat dengan tindakan penuh, seluruh proses dikendalikan oleh nilai sensor secara dinamis dan responsif. Ini membuktikan bahwa logika fuzzy dalam sistem pengamanan berbasis sensor sangat efektif dalam mendeteksi dan menangani potensi bahaya secara bertahap dan terukur.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Sistem monitoring dan keamanan dapur berbasis IoT yang dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor TGS-2611, BMP280, dan flame sensor terbukti mampu mendeteksi potensi bahaya seperti kebocoran gas, suhu tinggi, dan keberadaan api secara cepat dan akurat.

Dengan penerapan logika fuzzy, sistem dapat mengklasifikasikan kondisi menjadi aman, waspada, atau bahaya, lalu merespons secara otomatis dengan mengaktifkan kipas, pompa air, atau menutup katup gas sesuai tingkat risiko. Sistem ini juga menyediakan pemantauan real-time melalui aplikasi berbasis Kodular, menjadikannya solusi yang fleksibel, adaptif, dan efektif untuk meningkatkan keamanan dapur baik di lingkungan industri.

5.2 Saran

Saran yang penulis buat untuk penelitian selanjutnya yaitu ;

1. Menambahkan **sensor asap** untuk meningkatkan akurasi pendeteksian potensi kebakaran.
2. Mengintegrasikan **sistem pemadam kebakaran otomatis** (misalnya sprinkler) yang aktif berdasarkan suhu dan deteksi api.
3. Mengembangkan **notifikasi berbasis lokasi (GPS)** agar peringatan dapat diterima pengguna di mana pun berada.
4. Menggunakan **panel surya** sebagai sumber daya alternatif agar sistem tetap aktif saat terjadi pemadaman listrik.
5. Menambahkan **kamera berbasis kecerdasan buatan (AI)** untuk memverifikasi kondisi visual saat keadaan darurat.
6. Membangun **dashboard berbasis web** untuk monitoring jarak jauh atau pemantauan oleh tim keamanan.

Melakukan **pengujian lebih lanjut** dalam berbagai kondisi nyata untuk mengukur keandalan dan daya tahan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013, doi: 10.1016/j.future.2013.01.010.
- [2] S. More, S. Shelar, V. Randhave, and P. A. Bagde, "IoT Based Smart Kitchen System," *Int. J. Sci. Res. Sci. Eng. Technol.*, vol. 4099, pp. 479–485, 2021, doi: 10.32628/ijrsrset2183198.
- [3] BNPB, "Data Informasi Bencana Indonesia," Bidang Pengelolaan Data dan Sistem Informasi (PDSI), Pusdatinkom, BNPB. Accessed: Feb. 21, 2025. [Online]. Available: <https://dibi.bnpb.go.id/d>
- [4] A.-A. Nayan, J. Saha, J. Ferdaous, and M. G. Kibria, "IoT-Based Smart Kitchen Security System," *Appl. Informatics Ind. 4.0*, no. February, pp. 293–304, 2023, doi: 10.1201/9781003256069-24.
- [5] S. Al-Sarawi, M. Anbar, K. Alieyan, and M. Alzubaidi, "Internet of Things (IoT) communication protocols: R[1] S. Al-Sarawi, M. Anbar, K. Alieyan, and M. Alzubaidi, 'Internet of Things (IoT) communication protocols: Review,' in ICIT 2017 - 8th International Conference on Information Technology, Proceedings, Oc," *ICIT 2017 - 8th Int. Conf. Inf. Technol. Proc.*, pp. 685–690, 2017, [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8079928/>
- [6] Espressif Systems, "ESP32 Series," *Esp32*, pp. 1–65, 2021, [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-s2_datasheet_en.pdf
- [7] B. Abstrak, "TECHNOPEX," 2024.
- [8] K. Gadhari, T. Suryawanshi, A. Garud, and P. Prasenjit, "IOT Based Smart Kitchen Monitoring and Automation," vol. 10, no. 12, pp. 114–117, 2023.
- [9] S. S. Sadi, I. Pratama, and S. M. Ardi Kalizar, "Perancangan Sistem Smart Home Berbasis Internet Of Things," *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, p. 18, 2023,

doi: 10.31000/jte.v7i1.9787.

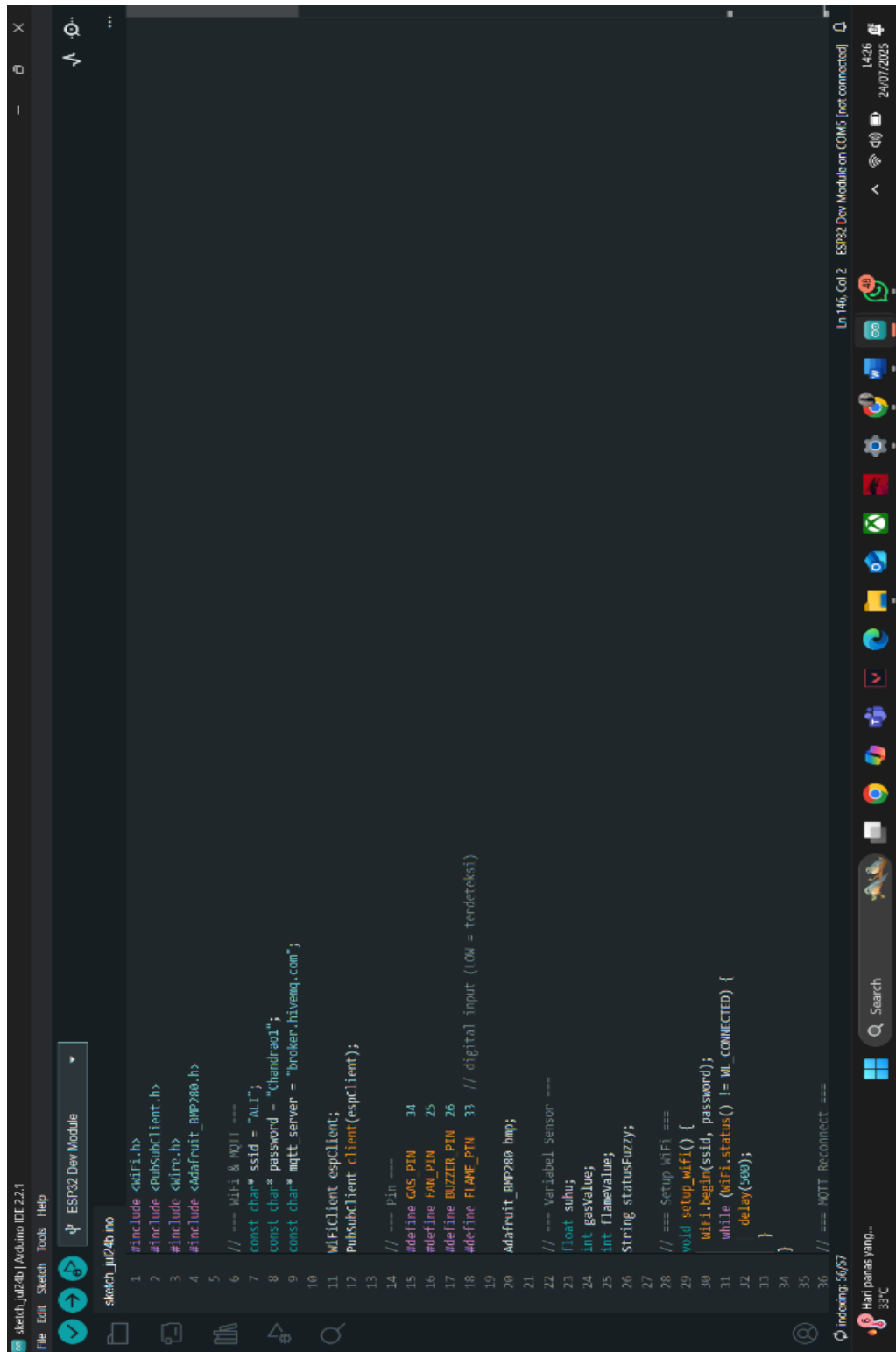
- [10] A. Y. Permatasari, “BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 1–64,” *Gastron. ecuatoriana y Tur. local.*, vol. 1, no. 69, pp. 1–64, 2023.
- [11] U. J. Ekah, S. Ozuomba, and E. Ekott, “Available online www.jsaer.com Research Article Evaluating MQ Sensors in Gas Leakage Detection Systems,” vol. 11, no. 9, pp. 12–16, 2024.
- [12] N. Kholila, Prabowo Budi Utomo, Adimas Ketut Nalendra, and Dona Wahyudi, “Prototype Pemantauan Kebocoran Gas LPG dan Kebakaran di Dapur Rumah Tangga,” *JAMI J. Ahli Muda Indones.*, vol. 5, no. 1, pp. 57–72, 2024, doi: 10.46510/jami.v5i1.301.
- [13] D. G. Rinderknecht, “The Impedance Pump,” pp. 1–36, 2008.
- [14] B. Aghajanloo, W. Losereewanich, C. J. Pastras, and D. W. Inglis, “Wicking pumps for microfluidics,” *Biomicrofluidics*, vol. 18, no. 6, 2024, doi: 10.1063/5.0218030.
- [15] P. Micropump, D. Reference, and F. Lee, “Piezo Micropump Driver Reference Design Application Note,” pp. 1–22, 2016.
- [16] E. M. Werner, B. X. Lam, and E. E. Hui, “Phase-Optimized Peristaltic Pumping by Integrated Microfluidic Logic,” *Micromachines*, vol. 13, no. 10, 2022, doi: 10.3390/mi13101784.
- [17] A. Nasir, E. Dribssa, and M. Girma, “The pump as a turbine: A review on performance prediction, performance improvement, and economic analysis,” *Heliyon*, vol. 10, no. 4, p. e26084, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e26084.
- [18] S. Jepri, Hendrayudi, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Kendaraan Sepeda Motor Menggunakan Sidik Jari Berbasis Arduino Uno,” *J. Inform. dan Komput.*, vol. 13, no. 1, pp. 27–33, 2022.
- [19] L. Šalavėjus, V. Barzdėnas, A. Vasjanov, and T. J. Lee, “An Experimental Review of Step-Down Converter Topologies with Wide Input Voltage Range for Modern Vehicle Low-Power Systems,” *Electron.*, vol. 14, no. 9, pp. 1–24, 2025, doi: 10.3390/electronics14091712.
- [20] A. Widodo, A. Sumaedi, and E. Hendrawati, “MEMANFAATKAN

TEKNOLOGI SENSOR DHT22 PADA SISTEM MANAJEMEN GUDANG MODERN DHT22 SENSOR TECHNOLOGY IN MODERN WAREHOUSE MANAGEMENT I . PENDAHULUAN Efisiensi dan optimasi bukan hanya menjadi aspirasi , melainkan kunci utama dalam berbagai sektor industri , ter,” vol. 2, no. 3, pp. 138–146, 2024.

- [21] Y. Tjandi and S. Kasim, “Electric Control Equipment Based on Arduino Relay,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1244, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1244/1/012028.
- [22] R. Mammadzada and R. Mammadzada, “Fuzzy Logic Control in Temperature Sensing Systems: An In-Depth Review of Sensor Integration Techniques,” *Itta.Cyber.Az*, pp. 1–14, 2024, [Online]. Available: <https://itta.cyber.az/2024/papers/30.pdf>
- [23] O. Wolkenhauer, “Fuzzy Systems and Identification,” *Data Eng.*, no. May, pp. 109–128, 2001, doi: 10.1002/0471224340.ch5.
- [24] T. Y. Class, “10 . 1 Introduction to Arduino Microcontroller : 10 . 2 The Importance of Arduino : 10 . 3 Types of Arduino Boards :,” pp. 77–100.
- [25] T. Rahman, A. S. Zishan, and N. C. Onkon, “IoT-based Modular Gas Leak Detection and Protection System for Enhanced Household Safety,” no. December, 2024.
- [26] A. Aakash, A. C. S, A. N. G, H. R. E, and T. Geetha, “IOT-BASED REAL-TIME GAS LEAK DETECTION ENHANCING SMART HOME SAFETY,” no. 03, pp. 10535–10541, 2025.
- [27] M. J. Pillco-Sanchez, A. A. Huatuco-Villanueva, J. M. Sanchez-Ramirez, M. Cabana-Cáceres, and C. Castro-Vargas, “IoT-based system to detect and control natural gas leaks in residential kitchens,” *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 35, no. 2, pp. 761–778, 2024, doi: 10.11591/ijeecs.v35.i2.pp761-778.
- [28] I. I. D. Yusuf, M. Jahiri, H. Henderi, and A.-B. Bin Ladjamudin, “Design and Development of Interactive Media in Vocational High Schools Using the Multimedia Development Life Cycle Method Based on Android,” *JINAV J. Inf. Vis.*, vol. 5, no. 1, pp. 134–145, 2024, doi: 10.35877/454ri.jinav2883.

- [29] Nurul Azmi, N. Listari, Siti Wardatul Jannah, Ahmad Fadli, and N. Nasrudin, “Pengembangan Media Pembelajaran IPA Berbasis Aplikasi Android PIPA (Pintar IPA) Menggunakan Kodular pada Materi Sistem Pencernaan Manusia,” *J. Pendidik. Mipa*, vol. 14, no. 2, pp. 631–639, 2024, doi: 10.37630/jpm.v14i2.1630.
- [30] K. A. Aka, “Integration Borg & Gall (1983) and Lee & Owen (2004) models as an alternative model of design-based research of interactive multimedia in elementary school,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1318, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1318/1/012022.
- [31] T. J. ROSS, *Fuzzy Logic With Engineering Application*. 2010.
- [32] R. Ponomarenko and A. Demchuk, “IoT Control Systems base on Fuzzy PWM-controller,” *CEUR Workshop Proc.*, vol. 3106, pp. 55–64, 2021.

LAMPIRAN



```

sketch_jul24b.ino
1 #include <WiFi.h>
2 #include <PubSubClient.h>
3 #include <Wire.h>
4 #include <Adafruit_BMP280.h>
5
6 // === WIFI & MQTT ===
7 const char* ssid = "ALI";
8 const char* password = "Chandra01";
9 const char* mqtt_server = "broken.hivemq.com";
10
11 WiFiClient espClient;
12 PubSubClient client(espClient);
13
14 // --- Pin ---
15 #define GAS_PIN 34
16 #define FAN_PIN 25
17 #define BUZZER_PIN 26
18 #define FLAME_PIN 33 // digital input (IO4 = terdeteksi)
19
20 Adafruit_BMP280 bmp;
21
22 // --- Variabel Sensor ---
23 float suhu;
24 int gasValue;
25 int flameValue;
26 String statusFuzzy;
27
28 // === Setup WIFI ===
29 void setup_wifi() {
30   WiFi.begin(ssid, password);
31   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
32     delay(500);
33   }
34 }
35
36 // === MQTT Reconnect ===

```

```
sketch_jul24b | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
ESP32 Dev Module
sketch_jul24b.ino
37 void reconnect() {
38   while (!client.connected()) {
39     client.connect("ESP32Client");
40     delay(500);
41   }
42 }
43
44 // --- Setup ---
45 void setup() {
46   Serial.begin(115200);
47
48   pinMode(HAM_PIN, OUTPUT);
49   pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
50   pinMode(FLAME_PIN, INPUT);
51
52   if (!Udp.begin(0x76)) {
53     Serial.println("Udp280 tidak terdeteksi!");
54     while (1);
55   }
56
57   setup_wifi();
58   client.setServer(mqtt_server, 1883);
59 }
60
61 // --- Fuzzy Membership Gas ---
62 string fuzzyGas(int gas) {
63   if (gas < 300) return "aman";
64   else if (gas < 550) return "keaspada";
65   else return "bahaya";
66 }
67
68 // --- Fuzzy Membership Suhu ---
69 string fuzzySuhu(float t) {
70   if (t <= 28) return "dingin";
71   else if (t <= 35) return "normal";
72   else return "panas";
73 }
```

```

sketch_ju24b.ino
// --- fuzzy membership flame ---
76 String fuzzyflame(int val) {
77     return (val == LOW) ? "Terdeteksi!" : "Tidak Terdeteksi!";
78 }
79
80 // --- Rule Fuzzy Decision ---
81 String fuzzyDecision(String gas, String suhu, String flame) {
82     if (gas == "aman" && suhu == "normal" && flame == "Tidak Terdeteksi!") return "aman";
83     if (gas == "waspada" && suhu == "normal" && flame == "Tidak Terdeteksi!") return "waspada";
84     if (gas == "bahaya" && suhu == "normal" && flame == "Tidak Terdeteksi!") return "bahaya";
85     if (gas == "waspada" && suhu == "panas" && flame == "Tidak Terdeteksi!") return "bahaya";
86     if (gas == "aman" && suhu == "panas" && flame == "Tidak Terdeteksi!") return "waspada";
87     if (gas == "aman" && suhu == "normal" && flame == "Terdeteksi!") return "waspada";
88     if (gas == "waspada" && suhu == "normal" && flame == "Terdeteksi!") return "bahaya";
89     if (gas == "bahaya" && suhu == "panas" && flame == "Terdeteksi!") return "bahaya";
90     if (gas == "bahaya" && suhu == "normal" && flame == "Terdeteksi!") return "bahaya";
91     if (gas == "waspada" && suhu == "dingin" && flame == "Tidak Terdeteksi!") return "aman";
92     if (gas == "aman" && suhu == "dingin" && flame == "Terdeteksi!") return "waspada";
93     if (gas == "bahaya" && suhu == "dingin" && flame == "Terdeteksi!") return "bahaya";
94     return "aman";
95 }
96
97 // --- Output PWM Fan & Buzzer ---
98 void kontrolOutput(String kondisi) {
99     int pwmfan = 0;
100     int pwbuzz = 0;
101
102     if (kondisi == "aman") {
103         pwmfan = 0;
104         pwbuzz = 0;
105     } else if (kondisi == "waspada") {
106         pwmfan = 50;
107         pwbuzz = 50;
108     } else if (kondisi == "bahaya") {
109         pwmfan = 100;
110         pwbuzz = 100;
111     }
112 }

```

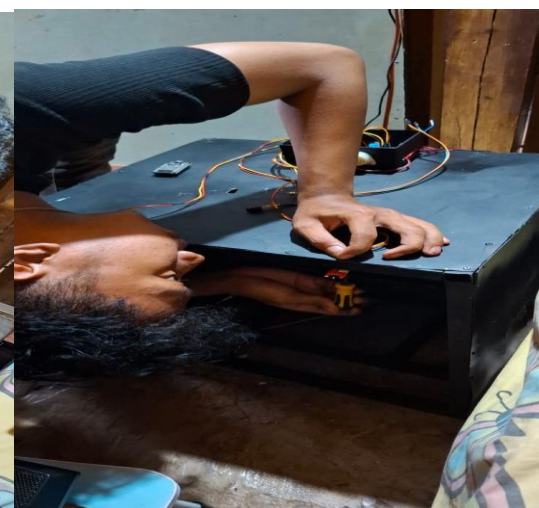
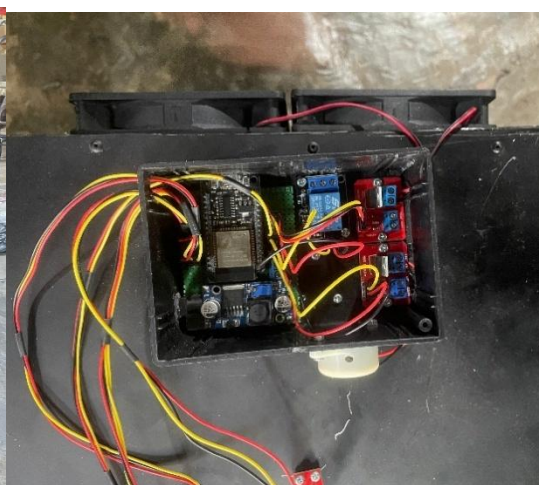
Ln 146, Col 2 ESP32 Dev Module on COM5 [not connected] 14:27 24/07/2025

Hari panas yang... 33°C

```

sketch_ju24b.ino
}
111
112 ledWrite(0, pwmFan);
113 ledWrite(1, pwmBuz);
114
115 }
116
117 // === Setup I2C Channel ===
118 void setup() {
119   ledSetup(0, 5000, 8); // channel 0, freq 5KHz, resolution 8 bit
120   ledAttachPin(FAN_PIN, 0);
121   ledSetup(1, 5000, 8);
122   ledAttachPin(BUZZER_PIN, 1);
123 }
124
125 // === loop ===
126 void loop() {
127   if (!client.connected()) reconnect();
128   client.loop();
129
130   suhu = bmp.readTemperature();
131   gasValue = analogRead(GAS_PIN);
132   flameValue = digitalRead(FIAME_PIN);
133
134   String gasStr = fuzzyGas(gasValue);
135   String suhuStr = fuzzySuhu(suhu);
136   String flameStr = fuzzyFlame(flameValue);
137   String status = fuzzyDecision(gasStr, suhuStr, flameStr);
138
139   kontrolOutput(status);
140
141   String data = "Gas: " + gasStr + ", Suhu: " + suhuStr + ", Flame: " + flameStr + ", status: " + status;
142   client.publish("iot/fuzzy", data.c_str());
143   Serial.println(data);
144   delay(2000);
145 }
146

```



No. Dok. : F-PBM-16

Tgl. Bertaku : 13 Desember 2024

No. Rev. : 02



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
Jalan Srijaya Negara, Palembang 30139 Telp. 0711-353414
Website : www.polisriwijaya.ac.id E-mail : info@polsri.ac.id



KESEPAKATAN BIMBINGAN TUGAS AKHIR (TA)

Kami yang bertanda tangan dibawah ini,

Pihak Pertama

Nama : M.Marjuan Qobla
NIM : 062140352398
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi

Pihak Kedua

Nama : Ir. Suroso, M.T.
NIP : 196207191993031003
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi

Pada hari ini Senin, tanggal 12 Februari 2025 telah sepakat untuk melakukan konsultasi bimbingan Tugas Akhir (TA).

Konsultasi bimbingan sekurang- kurangnya 1 (satu) kali dalam satu minggu. Pelaksanaan bimbingan pada setiap hari Selasa pukul 14.00, tempat di Politeknik Negeri Sriwijaya.

Demikianlah kesepakatan ini dibuat dengan penuh kesadaran guna kelancaran penyelesaian Tugas Akhir.

Pihak Pertama

(M.Marjuan Qobla)
NPM. 062140352398

Palembang, 17 Februari 2025

Pihak Kedua

(Ir. Suroso, M.T.)
NIP. 196207191993031003

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

(Dr. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom.)
NIP. 197907222008011007

No. Dok. : F-PBM-16

Tgl. Berlaku : 13 Desember 2024

No. Rev. : 02



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI**
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
Jalan Sriwijaya Negara, Palembang 30139 Telp. 0711-353414
Website : www.polisriwijaya.ac.id E-mail : info@polsri.ac.id
KESEPAKATAN BIMBINGAN TUGAS AKHIR (TA)



Kami yang bertanda tangan dibawah ini,

Pihak Pertama

Nama : M. Marjuan Qobla
NIM : 062140352398
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi

Pihak Kedua

Nama : Ir. Jon Endri, M.T.
NIP : 196201151993031001
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi

Pada hari ini ~~Senin~~ tanggal ~~17~~ ¹⁷ ~~Februari~~ 2025 telah sepakat untuk melakukan konsultasi bimbingan Tugas Akhir (TA).

Konsultasi bimbingan sekurang- kurangnya 1 (satu) kali dalam satu minggu. Pelaksanaan bimbingan pada setiap hari ~~ke~~ ^{ke} pukul ~~14.00~~ ^{14.00} tempat di Politeknik Negeri Sriwijaya.
Demikianlah kesepakatan ini dibuat dengan penuh kesadaran guna kelancaran penyelesaian Tugas Akhir.

Pihak Pertama

(M. Marjuan Qobla)
NPM 062140352398

Palembang, ~~17~~ ¹⁷ ~~Februari~~ 2025

Pihak Kedua

(Ir. Jon Endri, M.T.)
NIP 196201151993031001



Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro







(Dr. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom.)
NIP. 197907222008011007

No. Dok : F-POB-17

Tgl. Berlaku : 13 Desember 2004

No. Rinc : 01

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA Jalan Sriwijaya Negeri, Palembang 30139 Telp. 0711-353414 Website : www.politekniksriwijaya.ac.id E-mail : info@politekniksriwijaya.ac.id	
	LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR	
	Lembar : 1	
	Nama : M. Marjan Qobla NIM : 062140352398 Jurusan/Program Studi : Teknik Elektro/Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi Judul Tugas Akhir : Sistem Monitoring Dan Keamanan Dapur Dengan Penerapan Tingkat Bahaya Berbasis IoT Pembimbing 1 : Ir. Sumso, M.T.	

No.	Tanggal	Uraian Bimbingan	Tanda Tangan Pembimbing
1.		Bimbingan membahas sensor dan bahas	
2.		Bimbingan membahas input dan output	
3.		ace bab II + Perambatan undan isi bab II	
4.		Bimbingan penentuan metode	
5.		Bimbingan mengenai metode fuzzy	
6.		Metode pemecahan dan pemecahan	
7.		menyebutkan 1/2 diagram blok	
8.		Per bab III serta bimbingan bab IV	
9.		Perbantuan hasil 1/2 akhir dist dan bimbingan bab V	

Lembar: 2

No.	Tanggal	Uraian Bimbingan	Tanda Tangan Pembimbing
7.		ACC Laporan Tugas Akhir	
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			
13.			
14.			
15.			
..dst			

Palembang, Juli 2024
KPS Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi

(Mohammad Fadhli, S.Pd, M.T)
NIP. 199004032018031001

Catatan:

*) melingkari angka yang sesuai.

Ketua Jurusan/Ketua Program Studi harus memeriksa jumlah pelaksanaan bimbingan sesuai yang dipersyaratkan dalam Pedoman Tugas Akhir sebelum menandatangani lembar bimbingan ini.

Lembar pembimbingan Tugas Akhir ini harus dilampirkan dalam Tugas Akhir.

No. Dok. : F-PBM-17

Tgl. Berlaku : 13 Desember 2024

No. Rev. : 01



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Jalan Srijaya Negara, Palembang 30139 Telp. 0711-353414

Website : www.polisriwijaya.ac.id E-mail : info@polsri.ac.id




LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Lembar : 1

Nama : M.Marjuan Qobla
 NIM : 062140352398
 Jurusan/Program Studi : Teknik Elektro/Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi
 Judul Tugas Akhir : Sistem Monitoring Dan Keamanan Dapur Dengan Penentuan Tingkat Bahaya Berbasis IoT
 Pembimbing II : Ir. Jon Endri, M.T.

No.	Tanggal	Uraian Bimbingan	Tanda Tangan Pembimbing
1.		bimbingan Penulisan bab I	
2.		Revisi Penulisan bab I dan membahas bab II	
3.		bimbingan Penulisan bab II	
4.		Revisi Penulisan bab II dan membahas bab III	
5.		Acc Penulisan bab I, II	
6.		Acc Penulisan bab III	
7.		bimbingan bab IV bagian Penulisan	
8.		Acc Penulisan bab IV	
9.		bimbingan keseluruhan bab I - V	

Lembar: 2

No.	Tanggal	Uraian Bimbingan	Tanda Tangan Pembimbing
10.		Ace keseluruhan	
11.			
12.			
13.			
14.			
15.			
16.			
17.			
dst			

Palembang, Juli 2024
KPS Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi

(Mohammad Fadhli, S.Pd, M.T)
NIP. 199004032018031001

Gatatan:

*) melingkari angka yang sesuai

Ketua Jurusan/Ketua Program Studi harus memeriksa jumlah pelaksanaan bimbingan sesuai yang dipersyaratkan dalam Pedoman Tugas Akhir sebelum menandatangani lembar bimbingan ini.

Lembar pembimbingan Tugas Akhir ini harus dilampirkan dalam Tugas Akhir.

SURAT PENERIMAAN JURNAL

Nomor: 055/ELKOM/VII/2025

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama : Dr. Bagus Setya Rintyarna, S.T., M. Kom
NIDN : 0729017904
Institusi : Universitas Muhammadiyah Jember

Sebagai ketua penyunting Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM) menyatakan dengan sebenarnya bahwa artikel:

Penulis : M.Marjuan Qobla, Suroso, Jon Endri
Jurusan : Teknik Elektro
Institusi : Politeknik Negeri Sriwijaya
Judul Artikel : Penerapan Multi Layer Perceptron (MLP) Untuk Prediksi Kebutuhan Perawatan Tanaman Tomat Berbasis IoT

Berdasarkan hasil *review* dari tim *reviewer*, artikel tersebut dinyatakan **DITERIMA** sebagai bahan naskah untuk dipublikasikan pada Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM) Edisi Vol. 7 No. 2 Agustus 2025. Artikel tersebut akan tersedia dalam versi cetak dan elektronik paling lambat pada 31 Agustus 2025 dengan P-ISSN: 2685-1814, E-ISSN: 2685-7677.

Demikian informasi ini disampaikan, atas perhatiannya kami sampaikan terima kasih.

Jember, 7 Juli 2025
Ketua Penyunting

ELKOM
Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi

Dr. Bagus Setya Rintyarna, S.T., M. Kom
NIDN: 0729017904

No. Dok. : F-PBM-18

Tgl. Berlaku : 13 Desember 2024

No. Rev. : 01



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI**

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Jalan Srijaya Negara, Palembang 30139 Telp. 0711-353414
Website : www.polisriwijaya.ac.id E-mail : info@polsri.ac.id



REKOMENDASI UJIAN TUGAS AKHIR

Pembimbing Tugas Akhir memberikan rekomendasi kepada,

Nama : M.Marjuan Qobla
NIM : 062140352398
Jurusan/Program Studi : Teknik Elektro/Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi
Judul Tugas Akhir : Sistem Monitoring Dan Keamanan Dapur Dengan Penentuan Tingkat Bahaya Berbasis IoT

Mahasiswa tersebut telah memenuhi persyaratan dan dapat mengikuti Ujian Tugas Akhir (TA) pada Tahun Akademik 2024/2025

Palembang,/.....2025

Pembimbing I,

Ir. Suroso, M.T.
NIP. 196207191993031003

Pembimbing II,

Ir. Jon Endri, M.T.
NIP. 196201151993031001

No. Dok. : F-PBM-22

Tgl. Berlaku : 13 Desember 2024

No. Rev. : 01


**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI**
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

 Jalan Srijaya Negara, Palembang 30139 Telp. 0711-353414
 Website : www.polisriwijaya.ac.id E-mail : info@polsri.ac.id

REVISI UJIAN TUGAS AKHIR

Ruang : 2.04
 Dosen Penguji :
 Nama Mahasiswa : M.Marjuan Qobla
 NIM : 062140352398
 Jurusan/Program Studi : Teknik Elektro/Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi
 Judul Tugas Akhir : Sistem Monitoring Dan Keamanan Dapur Dengan Penentuan Tingkat Bahaya Berbasis IoT

No	Uraian Revisi	Paraf
	sesuai yg saya koreksi di berkas	

Palembang,

Dosen Penguji,

(.....)

NIP

No. Dok. : F-PBM-22

Tgl. Berlaku : 13 Desember 2024

No. Rev. : 01



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Jalan Srijaya Negara, Palembang 30139 Telp. 0711-353414
Website : www.polisriwijaya.ac.id E-mail : info@polsri.ac.id



REVISI UJIAN TUGAS AKHIR

Ruang : 2.04
Dosen Penguji : R.A. Hahimatussa' dyah.
Nama Mahasiswa : M.Marjuan Qobla
NIM : 062140352398
Jurusan/Program Studi : Teknik Elektro/Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi
Judul Tugas Akhir : Sistem Monitoring Dan Keamanan Dapur Dengan Penentuan Tingkat Bahaya Berbasis IoT

No	Uraian Revisi	Paraf
1.	jumlah halaman kurang 1 brn	K
2.	tata tulis laporan di perbaiki seluruh arahan & makalah.	K
3.	gambar & di lampirkan & pegulas	K

Palembang, 25 Juli 2025

Dosen Penguji,

(R.A. Hahimatussa' dyah)
NIP. 197406022005012002

No. Dok. : F-PBM-22

Tgl. Berlaku : 13 Desember 2024

No. Rev. : 01



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI**
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
Jalan Srijaya Negara, Palembang 30139 Telp. 0711-353414
Website : www.polisriwijaya.ac.id E-mail : info@polsri.ac.id


**REVISI UJIAN TUGAS AKHIR**

Ruang : 2.04
Dosen Penguji :
Nama Mahasiswa : M.Marjuan Qobla
NIM : 062140352398
Jurusan/Program Studi : Teknik Elektro/Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi
Judul Tugas Akhir : Sistem Monitoring Dan Keamanan Dapur Dengan Penentuan Tingkat Bahaya Berbasis IoT

No	Uraian Revisi	Paraf
	<p>~ 1/21.10 - nama Tahel & atas .</p> <p>~ 1/21.16, 19, 20, 32, 33 .</p>	

Palembang, 25 Juli 2025

Dosen Penguji,


Martineus Myur Rose
NIP

No. Dok. : F-PBM-23

Tgl. Berlaku : 13 Desember 2024

No. Rev. : 01


**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI**
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Jalan Sriwijaya Negara, Palembang 30139 Telp. 0711-353414

Website : www.polisriwijaya.ac.id E-mail : info@polsri.ac.id


PELAKSANAAN REVISI TUGAS AKHIR

Mahasiswa berikut,

Nama : M.Marjuan Qobla
 NIM : 062140352398
 Jurusan/Program Studi : Teknik Elektro/Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi
 Judul Tugas Akhir : Sistem Monitoring Dan Keamanan Dapur Dengan Penentuan Tingkat Bahaya Berbasis IoT

Telah melaksanakan revisi terhadap Tugas Akhir yang diujikan pada hari tanggal ... bulan tahun Pelaksanaan revisi terhadap Tugas Akhir tersebut telah disetujui oleh Dosen Penguji yang memberikan revisi:

No.	Komentar	Nama Dosen Penguji ^{*)}	Tanggal	Tanda Tangan
1.				
2.				
3.	Acc Revisi	R.A-Halimatulsa'diyah	28/12/25	
4.	Acc	M. Ali Fahrani	1/03/25	
5.	Acc	Martius Mijor R.	1/8-25	

Palembang,
 Ketua Penguji ^{**) ,}

(.....)
 NIP .

catatan:

^{*)} Dosen penguji yang memberikan revisi saat ujian Tugas Akhir.

^{**)} Dosen penguji yang ditugaskan sebagai Ketua Penguji saat ujian Tugas Akhir.
 Lembaran pelaksanaan revisi ini harus dilampirkan dalam Tugas Akhir.