



Implementasi Platform Antares Untuk Sistem Monitoring dan Klasifikasi Kualitas Udara

Tugas Akhir

Oleh:

Norwegiana Riska Leony Sidabalok (4212101013)

**Program Studi Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2024**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul: "Implementasi Platform Antares Untuk Sistem Monitoring dan Klasifikasi Kualitas Udara" adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri**. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 30 Januari 2025



Norwegiana Riska Leony Sidabalok
NIM: 4212101013

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

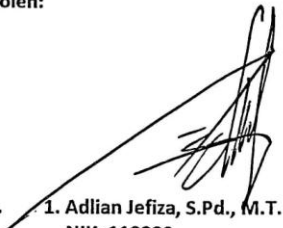
Oleh:
Norwegiana Riska Leony Sidabalok (4212101013)

Tanggal Sidang: 14 01, 2025


Disetujui oleh:



1. Dr. Abdurrahman Dwijotomo, S.st., M.sc.
NIK: 102257



1. Adlian Jefiza, S.Pd., M.T.
NIK: 119220



2. Dr. Budi Sugandi, S.T., M.Eng.
NIK: 100002

[Implementasi Platform Antares Untuk Sistem Monitoring dan Klasifikasi Kualitas Udara]

Abstrak

Kualitas udara dalam ruangan yang baik sangat penting untuk kenyamanan dan kesejahteraan penghuni. Pengamatan kualitas udara secara real-time memberikan informasi terkini tentang keadaan ruangan. Tujuan dari proyek ini adalah untuk mengembangkan sistem observasi kualitas udara dalam ruangan berbasis *Internet of Things (IoT)* yang menggunakan platform Antares sebagai media untuk pengumpulan dan tampilan informasi secara real-time. Sistem ini menggunakan sensor DHT-22 untuk membedakan antara suhu dan kelembaban, sensor MQ-2 untuk mendeteksi tingkat asap, sensor GP2Y1010AU0F untuk konsentrasi debu, dengan pengolahan data menggunakan metode logika *fuzzy* untuk mengklasifikasikan kualitas udara menjadi kategori "Sehat", "Kurang Sehat", dan "Tidak Sehat". Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor yang digunakan dapat diandalkan, dengan kesalahan perkiraan mulai dari 5% hingga 17%. Sistem monitoring ini mampu menampilkan informasi real-time melalui tahap Antares, dan penerapan logika *fuzzy* menghasilkan klasifikasi kualitas udara yang berhubungan dengan dan merespons kondisi input sensor.

Kata kunci: Kualitas Udara, *Internet of Things*, *Fuzzy Logic*.

[Implementation of the Antares Platform for Air Quality Monitoring and Classification System]

Abstract

Good indoor air quality is essential for occupant comfort and well-being. Real-time observation of air quality provides up-to-date information on the state of the room. The aim of this project is to develop an Internet of Things (IoT)-based indoor air quality observation system that uses the Antares platform as a medium for real-time information collection and display. This system uses a DHT-22 sensor to distinguish between temperature and humidity, an MQ-2 sensor to detect smoke level, and a GP2Y1010AU0F sensor for dust concentration, with data processing using the fuzzy logic method to classify air quality into "Healthy," "Less Healthy," and "Unhealthy" categories. Test results show that the sensors used are reliable, with estimation errors ranging from 5% to 17%. This monitoring system is able to display real-time information through the Antares stage, and the application of fuzzy logic results in air quality classifications that relate to and respond to sensor input conditions.

Keywords: Air Quality, Internet of Things, Fuzzy Logic.

Kata Pengantar

Penulis berterima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat, kasih, dan karunia-Nya yang telah memungkinkan penulis menyelesaikan tugas dan laporan akhir berjudul "Implementasi Platform Antares untuk Sistem Monitoring dan Klasifikasi Kualitas Udara." Untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik di Program Studi Teknik Mekatronika di Politeknik Negeri Batam, tugas akhir ini merupakan salah satu syarat. Penulis menyadari bahwa banyak orang dapat membantu, memberi arahan, membantu, dan berdoa untuk menyusun tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua orang yang membantu mereka menyelesaikan tugas akhir ini:

1. Tuhan Yesus Kristus, atas rahmat dan penyertaan-Nya yang selalu memberikan kekuatan, hikmat, dan kemampuan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orang Tua penulis, yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan moral, dan materi yang tak terhingga sepanjang proses ini.
3. Seluruh dosen Politeknik Negeri Batam, atas ilmu, arahan, dan pengalaman berharga yang diberikan selama masa perkuliahan.
4. Bapak Diono, S.Tr. T., M.Sc, selaku wali dosen yang telah memberikan bimbingan, dukungan, serta motivasi selama masa perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir.
5. Bapak Adlian Jefiza, S.Pd., M.T selaku Dosen pembimbing, atas bimbingan, saran, dan arahnya yang sangat membantu dalam penyelesaian penelitian ini.
6. Bapak Dr. Abdurahman Dwijotomo, S.st., M.Sc dan Bapak Dr. Budi Sugandi, S.T., M.Eng, selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun demi penyempurnaan tugas akhir ini.
7. Teman-teman seperjuangan di Teknik Mekatronika angkatan 2021, yang selalu memberikan semangat, bantuan, dan kerja sama selama penyusunan tugas akhir ini.

Batam, 30 Januari 2025



Penulis

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	ix
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	4
1.5. Batasan	4
Bab 2. Tinjauan Pustaka	5
2.1. Kualitas Udara	5
2.2. Platfrom Antares	6
2.3. Mikrokontroler ESP32	6
2.4. Sensor DHT-22	7
2.5. Sensor MQ-2	8
2.6. Sensor GP2Y1010AU0F	9
2.7. <i>Fuzzy Logic</i>	9
Bab 3. Metodologi Penelitian / Metode Pelaksanaan	11
3.1. Perancangan Sistem	11
3.1.1. Perancangan Alat	12
3.1.2. Perancangan Elektrikal	12
3.1.3. Perancangan Mekanikal	14
3.1.4. Perancangan <i>Fuzzy</i>	15

3.2. Rancangan Dalam Penerapan Platform Antares	21
3.3. Pengujian Alat	22
3.4. Pengujian Sensor	23
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	24
4.1. Hasil Hardware	24
4.1.1. Hasil Mekanikal	24
4.1.2. Hasil Elektrikal	24
4.2. Website Platfrom Antares	25
4.3. Pembuatan Alat.....	27
4.4. Pengujian Alat	28
4.4.1. Perbandingan Sensor DHT-22.....	28
4.1.2. Perbandingan Sensor MQ-2	29
4.1.3. Perbandingan Sensor GP2Y1010AU0F.....	30
4.3. Hasil Data Alat	31
4.4. Hasil <i>Fuzzy</i>	33
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	38
5.1. Kesimpulan	38
5.2. Saran	38
Daftar Pustaka.....	40
Biodata	43
Lampiran	44

Daftar Gambar

Gambar 1 Platform Antares	6
Gambar 2 ESP32	7
Gambar 3 DHT-22	8
Gambar 4 MQ2	9
Gambar 5 GP2Y1010AU0F	9
Gambar 6 <i>Flowchart</i> Penelitian	11
Gambar 7 Blok Diagram Sistem	12
Gambar 8 Blok diagram visual elektrikal	12
Gambar 9 Skematik Elektrikal	13
Gambar 10 Design Mekanikal	15
Gambar 11 Grafik Suhu	16
Gambar 12 Grafik Kelembapan	17
Gambar 13 Grafik Kadar Asap	18
Gambar 14 Grafik Debu	19
Gambar 15 Grafik kualitas Udara	20
Gambar 16 Interface Web Antares	22
Gambar 17 Mekanikal	24
Gambar 18 Elektrikal	25
Gambar 19 Tampilan Data Platform Antares	26
Gambar 20 Alat	27
Gambar 22 Grafik <i>Fuzzy</i>	37

Daftar Tabel

Table 1 Kategori Kualitas Udara	5
Table 2 Keterangan konfigurasi wiring	14
Table 3 Keterangan gambar mekanikal	15
Table 4 Variabel Suhu	16
Table 5 Variabel Kelembapan	16
Table 6 Variabel Kadar Asap	17
Table 7 Variabel Debu	18
Table 8 Variabel Kualitas Udara	19
Table 9 Rule <i>Fuzzy</i>	20
Table 10 Perbandingan Sensor DHT-22	28
Table 11 Perbandingan Sensor MQ-2	29
Table 12 Perbandingan Sensor GP2Y1010AU0F	30
Table 13 Hasil Monitoring	31
Table 14 Data Klasifikasi Parameter	33
Table 15 Hasil <i>Fuzzy</i>	34

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kualitas udara yang bebas dari pencemaran yang berpotensi menimbulkan iritasi, ketidaknyamanan, hingga mengganggu kesehatan penghuni dapat dikatakan bahwa kualitas udara dalam ruangan tersebut baik. Kenyamanan dan kesehatan para penghuni ruangan dipengaruhi oleh suhu dan kelembapan [1]. Selama musim panas, suhu dalam di ruangan cenderung tinggi sehingga dapat membuat tubuh gerah. Oleh sebab itu, banyak ruangan yang memiliki alat pendingin seperti AC atau kipas angin dalam meningkatkan kenyamanan dan konsentrasi [2]. Pemantauan kualitas udara sangat penting karena kondisi kesehatan seseorang dapat dipengaruhi oleh kondisi udara yang sehat, terutama di dalam ruangan. Kehidupan kita dipengaruhi oleh banyak hal, termasuk udara, suhu, dan kelembapan. Asap dari kendaraan, pabrik, dan sumber lainnya [3].

Aktivitas manusia dapat menyebabkan masalah pencemaran udara, sehingga perlu dilakukan upaya dalam mengurangi dampak negatif terhadap kualitas udara. Walaupun demikian, ada kalanya, seseorang dapat menggunakan indranya untuk menentukan apakah udara di lingkungannya tercemar secara berlebihan. Namun, dalam melakukan pemantauan tersebut dibatasi oleh ruang dan waktu. Maka dari itu, pemantauan ini akan dilakukan secara real-time dan pengambilan data dapat dilakukan dengan membangun perangkat keras yang dapat terhubung sistem pemantauan [4]. Pada penelitian ini, bertujuan dalam membuat sistem yang menggunakan *internet of things (IoT)* untuk memantau kualitas udara sehingga pengguna dapat melihat bagaimana kondisi udara di ruangan [5]. Penelitian ini menggunakan sensor dan *ESP32* untuk mengontrol kualitas udara dalam ruangan. Kemudian akan menampilkan hasil pengukuran melalui platform antares. Platform ini memungkinkan pemantauan dalam ruangan secara real-time [6]. Karena kerja sama antara sensor, *ESP32*, dan platform *Antares* sangat penting untuk penggunaan platform *Antares* untuk memonitor kondisi ruang. Ini karena ketersediaan data secara real-time sangat penting untuk memberikan informasi tentang kondisi ruang.

Berdasarkan data dan fakta yang terjadi di lapangan, menunjukkan bahwa kualitas udara dalam ruang perkantoran di kota Surabaya tidak sepenuhnya memenuhi standar, terlebih lagi dari faktor fisik [7]. Selanjutnya, pada penelitian yang dilakukan oleh Raywanda dan Mohammad Yanuar dalam merancang alat pemantauan kualitas udara menggunakan *NodeMCU ESP8266* dan sensor, yang mendeteksi kadar *pm10*, Suhu dan kelembapan, serta karbon monoksida. Pada pengujian alat tersebut menunjukkan bahwa sensor bekerja dengan baik untuk mendeteksi parameter udara yang dimana sistem ini bermanfaat untuk memantau kualitas udara di kampus secara real-time [8]. Kemudian, pada penelitian dari tim Universitas Dehasen dan Rumah sakit Bhayangkara Bengkulu

membangun sistem pemantauan kualitas udara di rumah sakit secara real-time. Sistem ini menggunakan sensor yang bertujuan untuk mendeteksi atau mengukur suhu, kelembapan, kadar CO₂, dan intensitas cahaya. Dimana hasil data akan ditampilkan secara real-time pada *platform Thinger IO*. Hasil pengujian penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik dan bermanfaat dalam memantau kualitas udara di rumah sakit [9].

Penelitian yang dilakukan oleh Endang Purnawati, dkk., menunjukkan bahwa kualitas udara dalam ruangan rumah sakit dapat memengaruhi kenyamanan dan kesehatan penghuni. Suhu dalam rentang 25–30°C dianggap terlalu panas, sehingga dapat menyebabkan rasa tidak nyaman dan gelisah bagi penghuni ruangan. Selain itu, kelembapan udara yang rendah, yaitu di bawah 20%, berpotensi menyebabkan kekeringan pada selaput lendir, sedangkan kelembapan yang tinggi dapat memicu pertumbuhan *microorganisme*. Hasil pengukuran di rumah sakit yang menunjukkan nilai di atas standar kelembapan ideal mengindikasikan bahwa ruangan tersebut berpotensi menjadi tempat pertumbuhan *microorganisme*, yang dapat berdampak pada kesehatan penghuni [10]. Hasil penelitian Agum Anantama, dkk. menunjukkan bahwa kadar asap dalam rentang 100 hingga 250 ppm pada deteksi kualitas udara dikategorikan sebagai waspada. Kondisi ini dapat menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan manusia, terutama bagi individu yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap polutan, seperti penderita asma, anak-anak, dan lansia [11]. Hasil penelitian dari "Implementasi *Fuzzy Inference System (FIS)* Metode *Tsukamoto* untuk Monitoring Kualitas Udara" oleh Robby Yuli Endra dan Galih Agus Saputra menunjukkan bahwa data kadar debu yang tinggi atau dalam kategori buruk dapat memberikan dampak negatif yang signifikan terhadap kesehatan. Kondisi ini berisiko menyebabkan berbagai masalah kesehatan [12]. Penelitian ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya karena menggabungkan lebih banyak parameter kualitas udara untuk menghasilkan klasifikasi yang lebih luas dan akurat. Penelitian sebelumnya seringkali berfokus pada satu faktor, seperti suhu, kelembapan, konsentrasi asap, atau debu, sehingga tidak dapat memberikan gambaran kualitas udara secara keseluruhan. Dalam penelitian ini, berbagai parameter tersebut diproses secara bersamaan melalui teknik *fuzzy logic*. Ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih adaptif dan sesuai dengan keadaan lapangan. Metode ini mempertimbangkan dampak setiap parameter secara individual dan hubungannya satu sama lain, yang sangat penting untuk kualitas udara. Akibatnya, penelitian ini menawarkan solusi yang lebih kuat untuk klasifikasi kualitas udara yang relevan dan dapat digunakan untuk situasi tertentu.

Antares adalah platform *IoT* yang dikembangkan oleh *Telkom Indonesia* dan diakui secara internasional, dengan sertifikasi dari *lembaga OneM2M*. Platform ini memiliki beberapa keunggulan utama, termasuk manajemen infrastruktur yang minimal, yang memungkinkan pengguna tidak perlu mengawasi server secara

langsung karena memiliki API yang memudahkan integrasi. Selain itu, Antares menerapkan standar *global OneM2M*, yang merupakan standar besar dan aman, yang memungkinkan pengguna menghubu *Antares* berfungsi sebagai media antara sistem komponen tersebut dan menyampaikan data ke pengguna melalui internet, atau pengguna dapat mengakses antares melalui internet. [13].

Platform Antares memenuhi persyaratan sistem pemantauan kualitas udara, termasuk fleksibilitas, ketergantungan, dan kemudahan integrasi. Faktor-faktor ini membuat platform ini dipilih untuk penelitian ini. *Antares* berbeda dengan *Thinger IO*, yang digunakan dalam penelitian sebelumnya, dengan API yang mudah digunakannya yang membuat pembuatan dan administrasi sistem lebih mudah tanpa memerlukan infrastruktur server yang kompleks. Selain itu, Antares memiliki akreditasi dari standar *OneM2M* global, yang memastikan keamanan dan interoperabilitas data. Karena Antares adalah platform lokal yang dikembangkan oleh Telkom Indonesia dan memberikan dukungan yang lebih besar bagi pengguna di Indonesia, itu adalah pilihan terbaik untuk pemantauan kualitas udara secara real-time dengan temuan yang tepat dan efektif. Ini memungkinkan pengumpulan dan analisis data sensor yang akurat dengan menggunakan metode *logika fuzzy*. Suhu, kelembapan, konsentrasi asap, dan debu. Berdasarkan temuan analisis, kualitas udara dibagi menjadi tiga kategori: sehat, kurang sehat, dan tidak sehat. Informasi ini membantu pengguna mengambil tindakan yang tepat.

1.2. Rumusan Masalah

Tugas akhir ini menghadapi beberapa rumusan masalah.

1. Bagaimana cara mengimplementasikan platform *Antares* dalam sistem monitoring kualitas udara?
2. Bagaimana memonitor kondisi udara dalam ruangan secara real-time untuk memberikan informasi terkini mengenai suhu, kelembapan, konsentrasi asap, dan debu?
3. Bagaimana menganalisa data yang diperoleh dari sistem monitoring menggunakan metode *fuzzy* untuk mengklasifikasikan parameter suhu, kelembapan, asap, dan debu?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan platform *Antares* ke dalam sistem pemantauan kualitas udara untuk menciptakan solusi yang inovatif dan berbasis *IoT*.
2. Melakukan pemantauan kondisi udara dalam ruangan secara real-time, sehingga dapat memberikan informasi yang akurat dan terkini mengenai parameter suhu, kelembapan, konsentrasi asap, dan debu.

3. Menganalisis data hasil pemantauan menggunakan metode *fuzzy logic* untuk mengklasifikasikan kualitas udara berdasarkan parameter suhu, kelembapan, konsentrasi asap, dan debu.

1.4. Manfaat

Implementasi tugas akhir ini memiliki manfaat penting, dengan adanya pemantauan kondisi lingkungan ruang yang lebih efisien, pengguna dapat dengan mudah memantau kualitas udara dalam ruangan secara real-time seperti suhu, kelembapan, kadar asap, dan partikel debu.

1.5. Batasan

Adapun beberapa batasan dan scope yang terdapat pada tugas akhir ini, sebagai berikut:

1. Implementasi platform Antares untuk monitoring ruang: fokus utama tugas akhir adalah untuk mengimplementasikan platform antares sebagai alat untuk memantau kualitas udara pada ruang. Platform Antares digunakan sebagai media untuk mengumpulkan data-data dari sensor-sensor yang digunakan dan mengirimkannya ke server Antares.
2. Untuk penggunaan sensor akan menggunakan tiga sensor yang spesifik, yaitu sensor DHT-22 untuk mengukur suhu dan kelembapan, sensor MQ-2 untuk mendeteksi kadar asap, dan sensor GP2Y1010AU0F untuk mengukur konsentrasi debu.
3. Penggunaan metode logika *fuzzy* untuk mengklasifikasikan kualitas udara berdasarkan data dari sensor yang didefinisikan secara linguistik seperti "Tidak Sehat", "Sehat", atau "Buruk". Penelitian ini tidak akan membahas konsep dasar *fuzzy logic* secara mendalam.
4. Lokasi pada penelitian ini hanya memantau kondisi ruang yang ada di dalam rumah. Pemantauan alat monitoring ini tidak akan meliputi ruang di luar rumah atau jenis bangunan lainnya.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Kualitas Udara

Kualitas udara dalam ruang adalah disiplin ilmu yang berfokus pada kualitas atau mutu udara di dalam ruangan atau gedung yang ditempati manusia, apakah udara yang digunakan memenuhi kesehatan atau tidak. Menurut hasil pemeriksaan *The National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH)*, terdapat beberapa sumber pencemaran udara di dalam ruangan:

- a. Peralatan: Asap rokok, bahan pembersih ruangan.
- b. Luar ruangan: Asap cerobong asap atau dapur, asap kendaraan
- c. Gangguan ventilasi

Pencemaran udara dalam ruangan dapat menyebabkan gangguan kesehatan kenyamanan pengguna. Oleh karena itu, sangat penting dalam melakukan upaya pencegahan dan pengendalian pencemaran udara [14].

Negara Indonesia menggunakan Indek Standar Pencemar Udara (ISPU), yang diatur oleh Keputusan Lingkungan Hidup Menteri Nomor: KEP 45/MENLH/1997 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara [15]. Pada tabel 1, menunjukkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) yang merupakan laporan yang menunjukkan seberapa bersih atau polusi kualitas udara dan dampaknya terhadap kesehatan kita. ISPU menilai kualitas udara untuk kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, bangunan, dan nilai estetika [16].

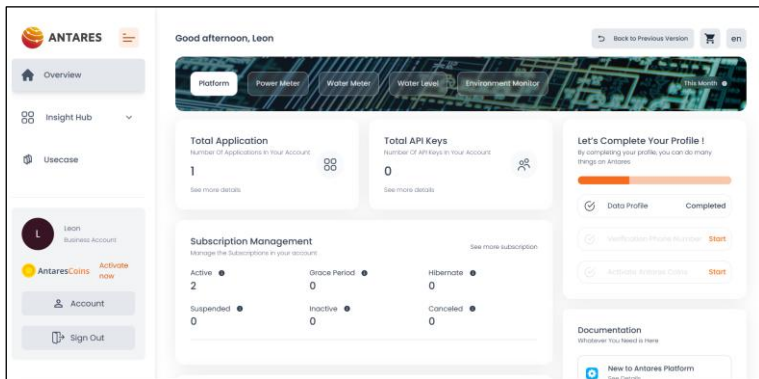
Table 1 Kategori Kualitas Udara

Kategori	Rentang	Penjelasan
Baik	<50	Tingkat kualitas udara tidak memberi efek buruk bagi kesehatan manusia atau hewan, serta tidak mempengaruhi tumbuhan, bangunan, dan nilai estetika
Sedang	51 - 100	Tingkat kualitas udara tidak memberi efek buruk bagi kesehatan manusia dan hewan, namun mempengaruhi tumbuhan yang sensitif, serta nilai estetika
Tidak sehat	101 - 199	Tingkat kualitas udara merugikan manusia dan kelompok hewan sensitif, serta menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika
Sangat tidak sehat	200 - 299	Tingkat kualitas udara dapat merugikan kesehatan pada beberapa segmen populasi yang terpapar
Berbahaya	>300	Tingkat kualitas udara berbahaya secara umum dan menimbulkan kerugian kesehatan yang serius

2.2. Platform Antares

Antares adalah platform *Internet of Things (IoT)* milik *PT Telkom Indonesia* yang memiliki banyak fitur yang akan membantu pengembangan *IoT*. Salah satu fiturnya adalah manajemen data dan penyimpanan perangkat, yang akan memudahkan pengembangan. Antares juga mendukung berbagai bahasa pemrograman, seperti *Arduino*, *ESP*, dan *Raspberry Pi*, dan memiliki standar one-to-one di seluruh dunia [17].

Antares menawarkan beberapa fitur, di antaranya adalah sebagai berikut, seluruh komunikasi ditransmisikan melalui jalur yang sudah dienkripsi. Semua dirancang supaya handal, aman, dan tangguh berada di atas lapisan transportasi aman. Platform Antares mengklaim dapat memantau infrastruktur selama 24 jam penuh, dan mendukung berbagai perangkat seperti *arduino*, *ESP8266*, *Android*, *Raspberry pi*, dan berbagai bahasa pemrograman. Membuka API memungkinkan pengguna mengontrol aplikasi melalui dashboard dan menggunakan API Antares. Antares menyediakan protokol seperti *HTTP* dan *MQTT* untuk pengembangan *Internet of Things* [18]. Gambar 1 menunjukkan tampilan antarmuka dari website Antares.



Gambar 1 Platform Antares

2.3. Mikrokontroler ESP32

Penerus *ESP8266* yang sangat disukai untuk aplikasi *IoT* adalah *ESP32*. Ini memiliki inti *CPU*, kecepatan *Wi-Fi* yang lebih cepat, lebih banyak *GPIO*, dan mendukung *Bluetooth Low Energy*. *ESP32* menggunakan *microprocessor Tensilica Xtensa LX6 dual-core* atau *single-core*, yang memiliki kecepatan clock hingga 240 MHz. Selain itu, *ESP32* telah terintegrasi dengan *switch antena built-in*, *RF balun*,

power amplifier, *amplifier* pengambilan suara rendah, filter, dan modul manajemen daya [19].

Gambar 2 menunjukkan Mikrokontroler ESP32, sebuah perangkat berdaya rendah yang mendukung *Wi-Fi* dan *Bluetooth* dalam dua mode. *Espressif Systems*, yang berbasis di *Shanghai*, Tiongkok, adalah produsen mikrokontroler ESP32. Satu kelebihan ESP32 adalah bahwa itu memiliki *Wi-Fi* dan *Bluetooth* di dalamnya, yang sangat membantu ketika kita belajar membuat sistem IoT yang membutuhkan koneksi nirkabel. Aplikasi tambahan seperti kontrol sistem, pemantauan, dan lainnya dapat digunakan dengan modul ini. Mikrokontroler ESP32 memiliki beberapa keunggulan, termasuk sistem yang tidak mahal dan modul WiFi yang terintegrasi dengan chip mikrokontroler. Selain itu juga, modul *NodeMCU Esp32* adalah papan prototipe yang dapat diprogram dengan mudah menggunakan IDE Arduino dan Python [20].



Gambar 2 ESP32

2.4. Sensor DHT-22

Sensor DHT22 adalah sensor suhu dan kelembaban yang menggunakan akuisisi sinyal digital. Modul sensor ini mengukur suhu dan kelembaban serta mengeluarkan tegangan analog yang dapat ditangani oleh mikrokontroler. Sensor ini memiliki kemampuan anti-interferensi, konsumsi daya yang rendah, integrasi yang tinggi, akurasi, ukuran yang kecil, dan biaya yang rendah [21].

Gambar 3 menunjukkan Sensor digital DHT22 yang digunakan untuk mengukur suhu udara dan kelembaban di sekitarnya. Sensor ini memiliki stabilitas yang luar biasa dan kemampuan kalibrasi yang sangat akurat. Koefisien kalibrasi disimpan dalam memori program *One Time Programming (OTP)*, dan modul menggunakannya untuk perhitungan setiap kali sensor menerima sinyal. Spesifikasi [22]:

1. Sumber daya: 3,3 - 6 Volt DC (tipikal 5 VDC)
2. Sinyal keluaran digital melalui bus tunggal yang beroperasi pada 5 ms per operasi
3. Rentang untuk mendeteksi kelembaban: 0 hingga 100% RH (akurasi: 25% RH) Rentang deteksi suhu : -40° - +80° Celcius (akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$)

4. Resolusi sensitivitas: 1%RH; 0,1°C
5. Histeresis kelembaban: $\pm 0,3\%$ RH
6. Stabilitas jangka panjang: $\pm 0,5\%$ RH / tahun
7. Waktu pemindaian umum: 2 detik



Gambar 3 DHT-22

2.5. Sensor MQ-2

sensor jenis ini mengukur konsentrasi gas dan asap yang mudah terbakar di udara. Nilai yang diukur direpresentasikan sebagai tegangan analog. Sensor gas Sensitivitas sensor asap MQ-2 dapat disesuaikan secara langsung dengan memutar potensiometer trim. Sensor ini banyak digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas baik di rumah maupun di tempat usaha. Gas-gas berikut ini dapat diidentifikasi: LPG, i-butana, propana, metana, hidrogen, asap, dan hidrogen. Sensor ini cocok untuk digunakan pada peralatan pendeteksi gas darurat, seperti pendeteksi kebocoran gas atau pendeteksi asap untuk mencegah kebakaran [23].

Gambar 4 menunjukkan Sensor MQ-2, yaitu komponen listrik yang mengukur kuantitas gas hidrokarbon, seperti asap. Sensor ini sangat sensitif dan merespons dengan cepat. Sensor ini menghasilkan sinyal analog dan memerlukan pasokan arus searah sebesar 5 volt [24].



Gambar 4 MQ2

2.6. Sensor GP2Y1010AU0F

Gambar 5 menunjukkan Sensor debu GP2Y1010AU0F dari *Sharp*, yang menggunakan dua dioda untuk pengukuran optik. Dioda pendeteksi cahaya memonitor intensitas cahaya berdenyut yang dihasilkan oleh dioda lain. Setiap simpul sensor memiliki sensor debu kedap air. Sebuah kipas angin memberikan ventilasi pada sistem [25]. GP2Y1010AU0F adalah sensor debu inframerah. Sensor ini beroperasi berdasarkan gagasan bahwa cahaya dipantulkan oleh partikel yang menembus seluruh permukaan dan kemudian diubah menjadi listrik oleh fotodioda [26].



Gambar 5 GP2Y1010AU0F

2.7. Fuzzy Logic

Fuzzy logic memiliki pendekatan matematis yang memungkinkan derajat kebenaran yang lebih rumit untuk diwakili oleh bilangan bulat *fuzzy* yang berkisar

antara 0 dan 1. Logika *fuzzy* digunakan untuk menggambarkan ketidakpastian dan ambiguitas dalam sistem. Logika *fuzzy* adalah salah satu bentuk kecerdasan buatan [27].

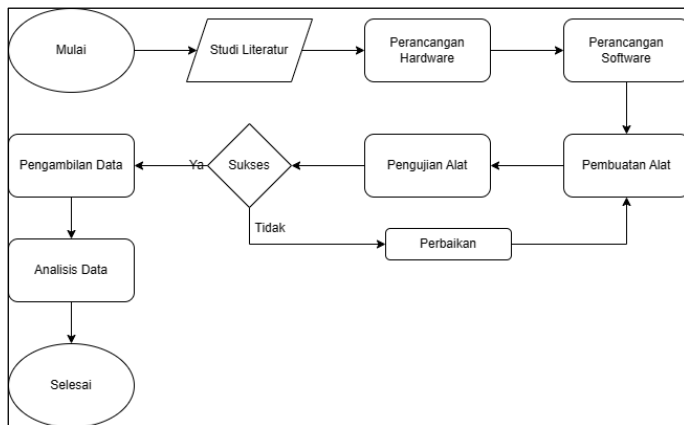
Ada beberapa langkah yang terlibat dalam pembuatan sistem *fuzzy*. *Fuzzifikasi* adalah langkah pertama dalam alur proses yang mengarah ke *defuzzifikasi* untuk menghasilkan output *fuzzy*. Tiga komponen berikut ini sangat penting dalam perancangan sistem kontrol *fuzzy* ini [28]:

1. *Fuzzifikasi*: Input *crisp* akan diubah menjadi variabel linguistik (variabel *fuzzy*) selama proses *fuzzifikasi*.
2. *Inferensi* (Aturan Dasar): Proses *inferensi* adalah proses untuk mendapatkan *output* dari himpunan aturan yang merupakan inti dari proses *fuzzy*.
3. Proses *defuzzifikasi*: langkah terakhir dalam sistem *Fuzzy*. Metode ini melibatkan pengembalian data input yang telah masuk dalam himpunan *Fuzzy* kembali ke bentuk tegas (*Crisp*).

Bab 3. Metodologi Penelitian / Metode Pelaksanaan

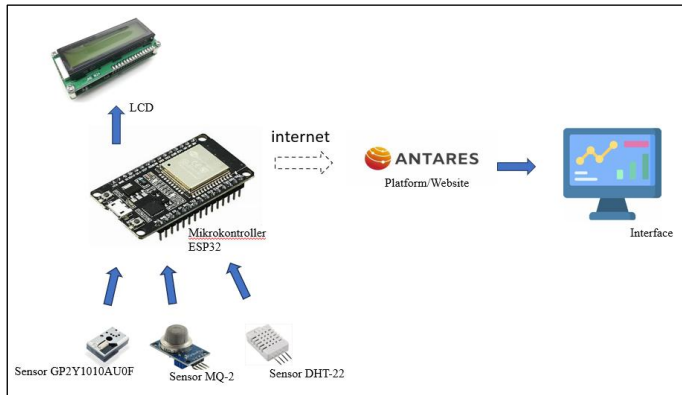
3.1. Perancangan Sistem

Terdapat beberapa langkah harus dilakukan dalam pembuatan alat dan sistem dalam penelitian ini. Langkah-langkah tersebut antara lain mencari dan mengumpulkan informasi mengenai sistem dan alat, membuat desain mekanik dan elektrik, merakit alat, memvisualisasikan alur pengolahan data dan informasi yang dibuat di platform Antares, menguji alat, dan membuat laporan. Sebelum memulai proses desain alat, sangat penting untuk membuat diagram alir untuk membantu fase konstruksi alat dan memastikan integritas struktural. Diagram alir memungkinkan pengorganisasian desain alat yang lebih baik, sehingga lebih mudah untuk dibangun. Alur atau *flowchart* dalam racangan sistem dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 *Flowchart* Penelitian

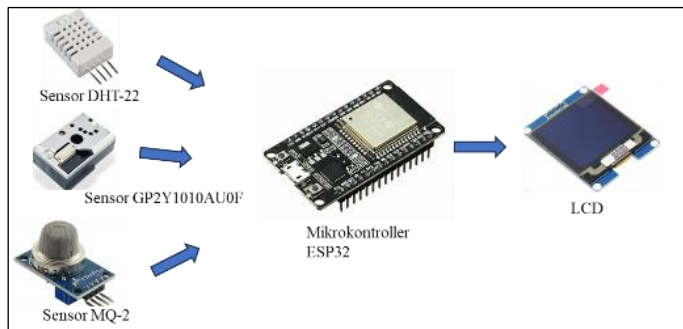
3.1.1. Perancangan Alat



Gambar 7 Blok Diagram Sistem

Gambar 7 menunjukkan alur sistem pemantauan kualitas udara yang menggunakan platform Antares. Sistem ini terdiri dari beberapa sensor, seperti DHT22, MQ-2, dan GP2Y1010AU0F, yang semuanya terhubung ke mikrokontroler ESP32. Sensor ini memantau parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, konsentrasi asap, dan debu. ESP32 mengevaluasi data sensor dan menunjukkan hasil kategorisasi kualitas udara pada panel LCD. Data ini kemudian dikirim ke platform Antares dan ditampilkan melalui antarmuka web, yang memungkinkan pemantauan kualitas udara secara real-time.

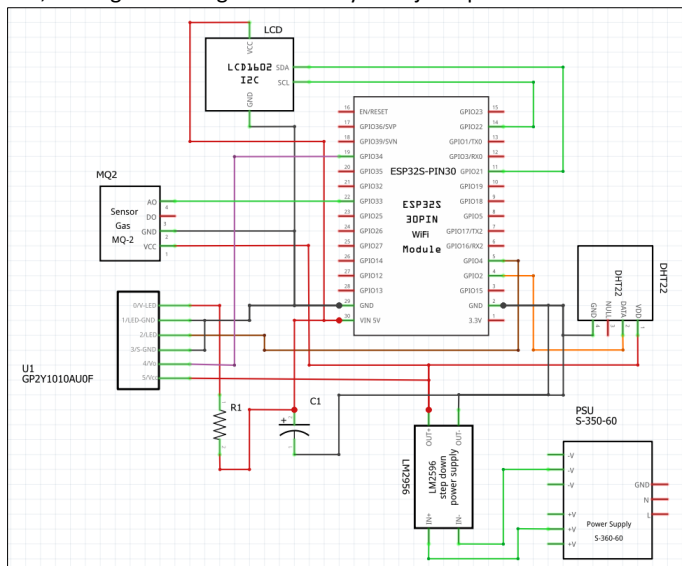
3.1.2. Perancangan Elektrikal



Gambar 8 Blok diagram visual elektrikal

Pada gambar 8 menunjukkan gambar dari blok diagram visual elektrik, dimana sistem monitoring ini menggunakan beberapa sensor untuk mengukur berbagai parameter, seperti suhu, kelembapan, debu, dan asap, seperti yang digambarkan di atas. Sensor DHT mengukur suhu dan kelembapan, Sensor GP2Y1010AU0F mengukur konsentrasi debu, dan Sensor MQ-2 mengukur keberadaan asap. ESP32 adalah mikrokontroler yang digunakan untuk mengumpulkan data dari semua sensor ini. Sebuah kapasitor dipasang antara ESP32 dan sensor untuk menjaga tegangan stabil dan mengurangi gangguan listrik. Setelah itu, data yang dikumpulkan oleh ESP32 diproses dan ditampilkan pada *LCD Display*. Ini memungkinkan untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time. Selain itu, ESP32 dapat mengirimkan data ini ke platform pemantauan seperti Antares untuk analisis dan pemantauan jarak jauh.

Pada rangkaian ini, modul LM2596 berfungsi sebagai regulator tegangan untuk menurunkan tegangan dari power supply agar sesuai dengan kebutuhan perangkat, sehingga melindungi komponen elektronik dari kerusakan akibat tegangan yang berlebih. Selain itu, penggunaan power supply eksternal memastikan sistem dapat beroperasi secara stabil dan berkelanjutan. Rangkaian elektrik pada sistem ini dapat dilihat pada gambar 9, yang menunjukkan skematik elektrik, sedangkan konfigurasi detailnya disajikan pada tabel 2.



Gambar 9 Skematik Elektrikal

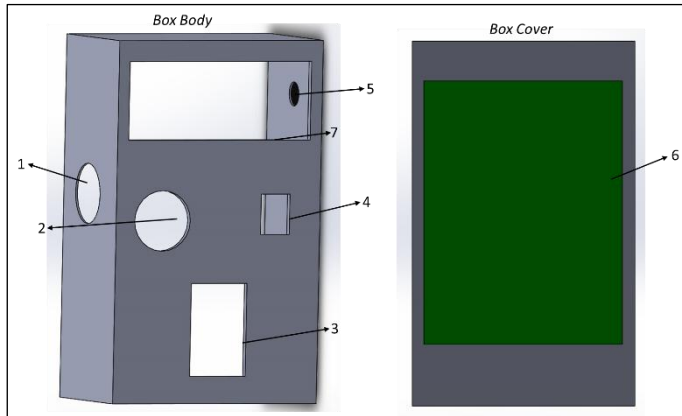
Table 2 Keterangan konfigurasi wiring

Keterangan	Pin Sensor	Shield ESP32	Komponen Lainnya
Sensor DHT22	VCC	-	LM9256 (Out +)
	Pin	D2	-
	GND	GND	-
Sensor MQ2	VCC	-	LM9256 (Out +)
	Pin	D33	-
	GND	GND	-
Sensor GP2Y1010AU0f	V-led	-	Resistor
	Led GND	GND	-
	Pin Led	D4	-
	S-GND	GND	-
	VO	D34	-
	VCC	-	LM9256 (Out +)
LCD 20x4	VCC	Vin	-
	GND	GND	-
	SDA	21	-
	SCL	22	-
Kapasitor	Negative	GND	-
	Positive	Vin	-
Resistor	-	-	Kapasitor
LM9256	In (+)	-	PSU (+)
	In (-)	-	PSU (-)

3.1.3. Perancangan Mekanikal

Gambar 10 menunjukkan tampilan design mekanikal. Untuk wadah alat sistem monitoring ini rencananya akan menggunakan *black box* atau *project box* dengan dimensi 180x110x62 mm. Perubahan tata letak komponen dilakukan untuk memastikan bahwa semua komponen-komponen yang digunakan pada penelitian ini berada dalam box terlihat rapi dan terorganisir dengan baik.

Design mekanikal dalam penelitian ini mempertimbangkan dalam kemudahan akses untuk perawatan, optimalisasi ruang dalam *box*, serta keamanannya. Posisi komponen telah diatur sedemikian rupa supaya dapat mendukung performa keseluruhan sistem. Design mekanikal yang terbaru ini juga dapat memudahkan dalam proses instalasi atau troubleshooting jika diperlukan. Keterangan lebih lanjut mengenai desain ini dapat dilihat pada tabel 3.



Gambar 10 Design Mekanikal

Table 3 Keterangan gambar mekanikal

No	Keterangan
1	Input power ESP32
2	Sensor MQ2
3	Sensor GP2Y1010AU0F
4	Sensor DHT22
5	Input Power LM9256
6	Tempat PCB
7	LCD 20×4

3.1.4. Perancangan Fuzzy

Pada penelitian ini, *fuzzy logic* digunakan untuk menentukan klasifikasi dari kualitas udara berdasarkan suhu, kelembapan, kadar asap, dan konsentrasi debu. Dalam proses implementasi logika *fuzzy*, dimulai dari inialisasi variabel input dan output. Selanjutnya, proses fuzzifikasi yang dimana proses ini untuk menentukan derajat keanggotaan dari setiap variabel. Lalu melakukan inferensi *fuzzy* yang melibatkan pembuatan aturan-aturan (*rule*) yang akan diterapkan pada sistem. Hasil inferensi tersebut, akan mengalami proses *defuzzifikasi*, yaitu mengubah hasil menjadi output yang dapat dipahami oleh sistem. Dan proses akan diakhiri dengan menampilkan output dari proses *defuzzikasi*.

Perancangan klasifikasi logika *fuzzy* yang memiliki 4 input dan output, yang dimana input terdiri dari suhu, kelembapan, kadar asap, dan konsentrasi debu. Sedangkan output dari *fuzzy* yaitu kualitas udara pada ruangan. Berikut adalah pengelompokan pada setiap variabel input dan output yang terdapat pada sistem:

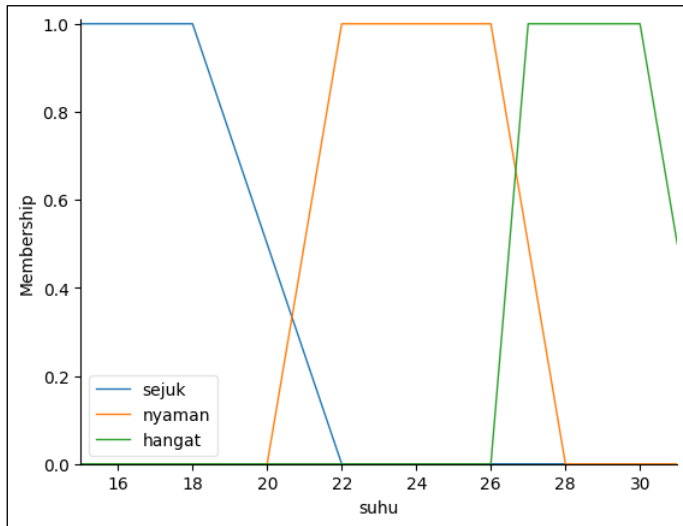
3.1.4.1. Variabel Input

1. Variabel Suhu

Pada variabel suhu terdapat tiga bagian dengan parameter himpunan *fuzzy* yang dapat dilihat pada tabel 4, yaitu variabel dari parameter suhu dan rentang dari masing-masing himpunan pada variabel suhu. Gambar 11 menunjukkan grafik rentang nilai variabel suhu dibawah ini:

Table 4 Variabel Suhu

No	Rentang Nilai	Himpunan
1	15 - 22°C	Sejuk
2	20 - 28°C	Nyaman
3	26 - 34°C	Hangat



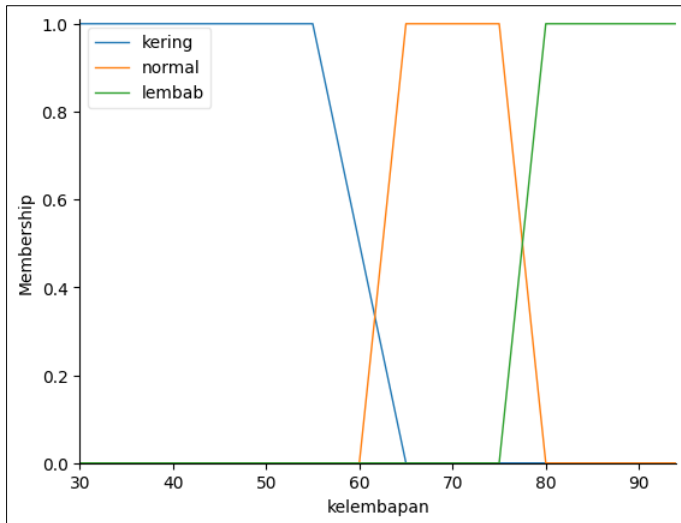
Gambar 11 Grafik Suhu

2. Variabel Kelembapan

Pada variabel kelembapan terdapat tiga bagian dengan parameter himpunan *fuzzy* yang dapat dilihat pada tabel 5, yaitu variabel dari parameter kelembapan dan rentang dari masing-masing himpunan pada variabel kelembapan. Gambar 12 menunjukkan grafik rentang nilai variabel kelembapan dibawah ini:

Table 5 Variabel Kelembapan

No	Rentang Nilai	Himpunan
1	30 – 65%	Kering
2	60 – 80%	Normal
3	75 – 95%	Lembab



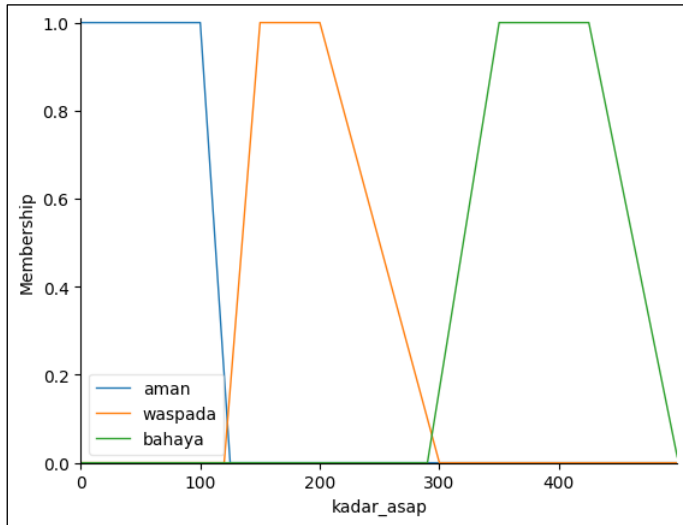
Gambar 12 Grafik Kelembapan

3. Variabel Kadar Asap

Pada variabel kadar asap terdapat tiga bagian dengan parameter himpunan *fuzzy* yang dapat dilihat pada tabel 6, yaitu variabel dari parameter kadar asap dan rentang dari masing-masing himpunan pada variabel kadar asap. Gambar 13 menunjukkan grafik rentang nilai variabel kadar asap dibawah ini:

Table 6 Variabel Kadar Asap

No	Rentang Nilai	Himpunan
1	0 – 125ppm	Aman
2	120 – 300ppm	Waspada
3	290 – 500ppm	Bahaya



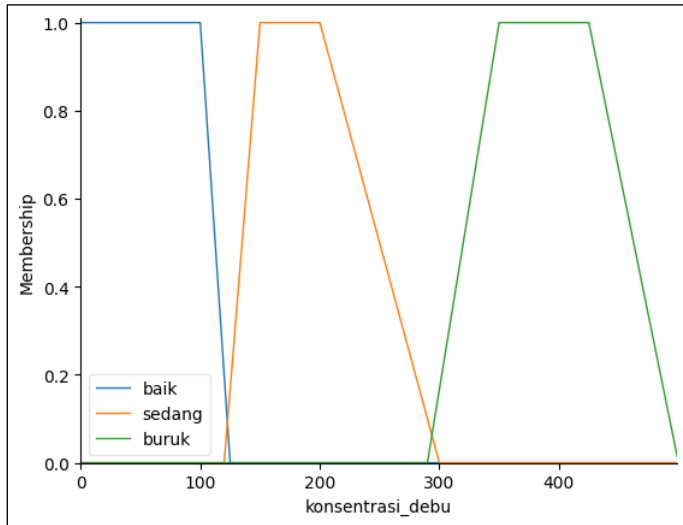
Gambar 13 Grafik Kadar Asap

4. Variabel Konsentrasi Debu

Pada variabel konsentrasi debu terdapat tiga bagian dengan parameter himpunan *fuzzy* yang dapat dilihat pada tabel 7, yaitu variabel dari parameter konsentrasi debu dan rentang dari masing-masing himpunan pada variabel konsentrasi debu. Gambar 14 menunjukkan grafik rentang nilai variabel konsentrasi debu dibawah ini:

Table 7 Variabel Debu

No	Rentang Nilai	Himpunan
1	0 – 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Baik
2	120 – 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sedang
3	290 – 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Buruk



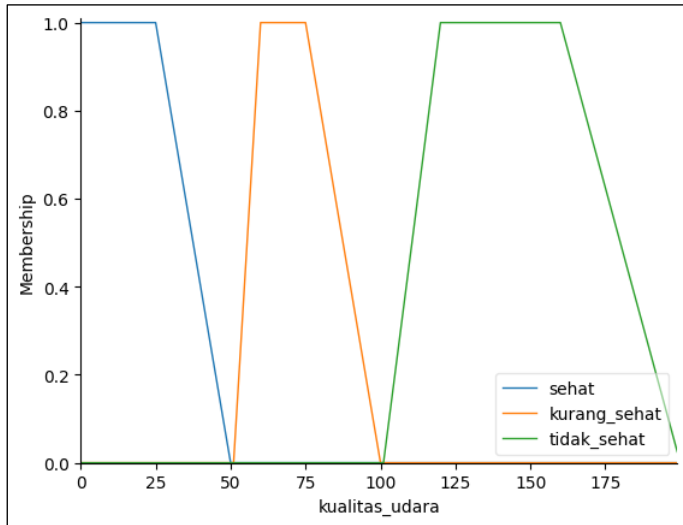
Gambar 14 Grafik Debu

3.1.4.2. Variabel Output

Pada variabel Output yaitu kualitas udara terdapat tiga bagian dengan parameter himpunan *fuzzy* yang dapat dilihat pada tabel 8, yaitu variabel dari parameter kualitas udara dan rentang dari masing-masing himpunan pada variabel kualitas udara. Gambar 15 menunjukkan grafik rentang nilai variabel kualitas udara dibawah ini:

Table 8 Variabel Kualitas Udara

No	Rentang Nilai	Himpunan
1	0 – 50	Sehat
2	51 – 100	Kurang Sehat
3	101 – 200	Tidak Sehat



Gambar 15 Grafik kualitas Udara

3.1.4.3. Rule Fuzzy

Setelah melakukan pengelompokan pada setiap variabel input dan output yang terdapat pada sistem. Selanjutnya, masuk ke proses *inferensi fuzzy* atau pembuatan aturan-aturan (*rule*) yang akan diterapkan pada sistem. Berdasarkan pengelompokan variabel input dan output yang telah ditetapkan, sistem akan menghasilkan beberapa aturan yang dapat dilihat pada Tabel 9, yaitu tabel aturan *fuzzy (fuzzy rule)* sebagai berikut:

Table 9 Rule Fuzzy

Rules	Suhu	Kelembapan	Asap	Debu	Kualitas Udara
1	Sejuk	Kering	Aman	Baik	Sehat
2	Hangat	Normal	Aman	Sedang	Sehat
3	Nyaman	Kering	Aman	Buruk	Sehat
4	Nyaman	Normal	Aman	Sedang	Sehat
5	Sejuk	Normal	Waspada	Baik	Sehat
6	Nyaman	Normal	Aman	Baik	Sehat
7	Sejuk	Kering	Waspada	Sedang	Kurang Sehat
8	Sejuk	Normal	Waspada	Sedang	Kurang Sehat

9	Nyaman	Normal	Waspada	Sedang	Kurang Sehat
10	Hangat	Lembab	Waspada	Sedang	Kurang Sehat
11	Nyaman	Kering	Waspada	Sedang	Kurang Sehat
12	Hangat	Normal	Waspada	Sedang	Kurang Sehat
13	Hangat	Normal	Aman	Buruk	Kurang Sehat
14	Nyaman	Normal	Bahaya	Buruk	Tidak Sehat
15	Sejuk	Lembab	Bahaya	Buruk	Tidak Sehat
16	Nyaman	Lembab	Bahaya	Buruk	Tidak Sehat
17	Hangat	Kering	Waspada	Buruk	Tidak Sehat
18	Nyaman	Normal	Bahaya	Sedang	Tidak Sehat
19	Hangat	Normal	Waspada	Buruk	Tidak Sehat
20	Hangat	Kering	Bahaya	Buruk	Tidak Sehat
21	Hangat	Lembab	Bahaya	Buruk	Tidak Sehat

3.2. Rancangan Dalam Penerapan Platform Antares

Penerapan platform Antares dalam monitoring ruangan mencakup suhu, kelembapan, debu, dan asap dengan sensor DHT-22, MQ-2, dan GP2Y1010AU0F. Untuk menghubungkan, menampilkan, dan mengumpulkan data dari perangkat sensor sehingga memungkinkan pemantauan dan pengendalian perangkat secara real-time. Pada sistem ini menggunakan ESP32-DEVKITC-V1 sebagai mikrokontroler untuk mengumpulkan data dari sensor dan mengirimkannya ke Antares melalui MQTT atau HTTP. Data yang dikirimkan akan ditampilkan di Antares Dashboard dan dapat mudah dipahami karena antares juga digunakan sebagai interface.

Gambar 16 menampilkan tampilan dari website platform antares. Perancangan website dimulai dengan masuk ke dalam website menggunakan link, kemudian akan langsung menampilkan tampilan home. Proses pemilihan menu yang akan dipilih, jika memilih home maka akan menampilkan isi *home*. Sebelumnya lakukan pendaftaran akun melalui email. Pada tampilan home pilih menu *overview* untuk membuat nama *application* dan *device* yang digunakan untuk melihat dan menyimpan data yang dikirim melalui perangkat sistem.

3.4. Pengujian Sensor

Pengujian sensor merupakan langkah penting dalam mengevaluasi kinerja dan akurasi alat pengukur yang digunakan dalam penelitian ini. Pada penelitian ini, pengujian sensor dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran dari sensor yang diuji dengan alat ukur standar yang telah terkalibrasi. Namun, untuk beberapa sensor, seperti sensor MQ-2 dan sensor GP2Y1010AU0F, perbandingan hasil pengukuran dilakukan dengan menggunakan dataset yang relevan, bukan dengan alat ukur standar. Pendekatan ini diambil karena keterbatasan dalam akses terhadap alat ukur referensi yang sesuai untuk parameter yang diukur oleh kedua sensor tersebut. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diidentifikasi tingkat error dan performa masing-masing sensor dalam kondisi yang berbeda, sehingga memberikan gambaran yang jelas mengenai keandalan sensor dalam aplikasi praktis. Dalam menentukan nilai error, dapat menggunakan rumus berikut:

$$\frac{|Pembacaan\ sensor - Pembacaan\ alat\ pembanding|}{Pembacaan\ alat\ pembanding} \times 100$$

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Hardware

4.1.1. Hasil Mekanikal

Gambar 17 menunjukkan tampilan hasil design mekanikal. Untuk wadah alat sistem monitoring ini menggunakan *black box* atau *project box* dengan dimensi 180×110×62 mm. Tata letak komponen yang diterapkan dalam *black box* adalah untuk memastikan bahwa semua komponen-komponen yang digunakan pada penelitian ini berada dalam box terlihat rapi dan terorganisir dengan baik.



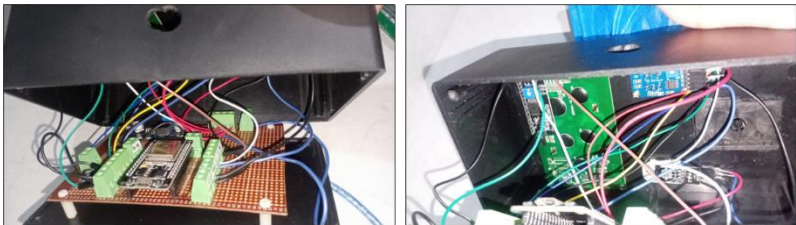
Gambar 17 Mekanikal

4.1.2. Hasil Elektrikal

Hasil rangkaian elektrikal dari sistem pemantauan ini dapat dilihat pada Gambar 18, yang menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama untuk mengatur proses pengolahan data dan komunikasi. ESP32 terhubung dengan beberapa sensor, yaitu sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan, sensor MQ-2 untuk mendeteksi kadar asap, dan sensor GP2Y1010AU0F untuk

mengukur konsentrasi debu, semua komponen dan sensor dirangkai ke PCB bolong agar lebih rapi dan memudahkan pengaturan kabel. Data sensor tersebut akan dikirimkan ke ESP32 untuk diproses menggunakan logika *fuzzy*. Hasil olahan data akan ditampilkan secara langsung pada LCD 20x4 serta dikirimkan ke platform Antares untuk pemantauan jarak jauh secara real-time.

Pada rangkaian ini, modul LM2596 berfungsi sebagai regulator tegangan untuk menurunkan tegangan dari power supply agar sesuai dengan kebutuhan perangkat, sehingga melindungi komponen elektronik dari kerusakan akibat tegangan yang berlebih. Selain itu, penggunaan power supply eksternal memastikan sistem dapat beroperasi secara stabil dan berkelanjutan.



Gambar 18 Elektrikal

4.2. Website Platfrom Antares

Website yang digunakan untuk memantau sistem kualitas udara akan menampilkan menu utama seperti menu *Overview*, *Insight Hub*, dan *Usecase*. Hasil pembacaan sensor dan klasifikasi *fuzzy* akan disimpan dalam sistem database yang terintegrasi dengan Antares, dan ditampilkan pada *Insight Hub*. Data yang dikirimkan oleh sensor, seperti suhu, kelembapan, dan kualitas udara, akan ditampilkan dalam tabel yang disediakan pada tampilan List Data.

Data ditampilkan dalam format *Resource Index (RI)* pada tampilan tersebut. Setiap *entri RI* menunjukkan hasil pembacaan sensor pada waktu tertentu, termasuk data tentang klasifikasi *fuzzy* untuk kualitas udara. Pemilik akun yang memiliki akun di platform ini akan dapat melihat hasil pengukuran dan status kualitas udara pada ruangan secara real-time.

Pengujian fungsional bertujuan untuk memastikan bahwa semua fitur platform berfungsi sebagaimana mestinya. Pengujian ini memverifikasi apakah data yang dikirim dari sensor seperti suhu, kelembapan, dan kualitas udara dapat berkomunikasi dengan baik dengan platform Antares. Data sensor yang diterima diproses untuk membuat klasifikasi kualitas udara berdasarkan metode logika *fuzzy* dan ditampilkan secara akurat pada tampilan daftar data tergantung pada waktu pengukuran dan jenis sensor yang digunakan. Semua fitur, termasuk tabel indeks sumber daya (RI) dan visualisasi status kualitas udara, telah diuji untuk memastikan kelancaran pengoperasian. Dalam beberapa kasus, kondisi jaringan

yang tidak stabil dapat menyebabkan masalah dengan transfer data dari sensor ke Antares, yang mengakibatkan penundaan transmisi sekitar 30 detik. Namun, pemeriksaan ini memastikan bahwa data Anda akan disimpan dan ditampilkan dengan benar di platform bahkan setelah terjadi gangguan. Pengujian integrasi memastikan bahwa berbagai komponen sistem, termasuk sensor, platform Antares, dan tampilan data, berfungsi dengan baik bersama-sama. Data yang dikirim oleh sensor harus diterima dengan benar oleh platform, diproses sesuai dengan aturan logika *fuzzy*, dan disimpan dalam basis data yang terintegrasi dengan baik. Pengujian ini juga memverifikasi bahwa setiap *entri* data yang masuk ditampilkan dengan benar dalam tampilan daftar data dalam format *Resource Index (RI)* dan bahwa pengguna dapat mengakses data yang disimpan sesuai dengan hak akses mereka.

Dalam pengujian, transfer data yang terhambat oleh masalah jaringan masih dikonsolidasikan dan ditampilkan dengan benar setelah transfer berhasil. Tujuan pengujian akses pengguna adalah untuk memastikan bahwa platform memiliki sistem keamanan dan autentikasi yang memadai. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa hanya pemegang akun terdaftar yang dapat mengakses dan melihat data yang mencantumkan pengukuran dan status kualitas udara. Selain itu, pengujian memastikan bahwa setiap pengguna hanya dapat melihat data yang relevan dengan akun mereka dan bahwa sistem autentikasi melindungi informasi pribadi dan data sensor secara memadai. Selain itu, hak akses pemegang akun dan administrator diperiksa untuk memastikan bahwa mereka sesuai dengan ruang lingkup penggunaan. Masalah jaringan terkadang dapat menghambat transfer data, namun hak akses pengguna diperiksa untuk memastikan bahwa hanya pihak yang berwenang yang memiliki akses yang tepat ke data yang disimpan di platform. Gambar 19 menunjukkan tampilan data pada platform Antares.

The screenshot shows the 'Monitoring' section of the Antares platform. It features a sidebar with navigation options like Overview, Insight Hub, and Usecase. The main content area displays a 'List Data' table with 20 entries. Each entry includes a timestamp, a Resource Index (RI) value, and a data string. The table also includes search and download options.

Time (WIB)	Resource Index (RI)	Data
2024-12-31T13:52:00.000Z	/antares-cse/cin-fdva5T1ghyptf7Q7F9BYuc5lqmT3av45oy	{\"Suhu\": 33.80, \"Kelembapan\": 70.20, \"Kadar...\"}
2024-12-31T13:51:56.000Z	/antares-cse/cin-OuKDTA.NfPdyf5H4C3ENEFKzwoR5PCPD	{\"Suhu\": 33.80, \"Kelembapan\": 70.40, \"Kadar...\"}
2024-12-31T13:51:56.000Z	/antares-cse/cin-uTQwBRQALX8awWuppyMRHrbelmHw5Ut	{\"Suhu\": 33.80, \"Kelembapan\": 70.70, \"Kadar...\"}
2024-12-31T13:51:54.000Z	/antares-cse/cin-7XuQnfnDC8ELVTCcyF56Vh8RvUJZ	{\"Suhu\": 33.80, \"Kelembapan\": 71.30, \"Kadar...\"}
2024-12-31T13:51:51.000Z	/antares-cse/cin-mjHfMbw6Zz5y9w6Cv7gH5YmX8uJZc0T	{\"Suhu\": 33.80, \"Kelembapan\": 72.20, \"Kadar...\"}

Gambar 19 Tampilan Data Platform Antares

4.3. Pembuatan Alat

Persiapan mekanik dan elektrik dari sistem yang kecil dan menarik merupakan langkah utama pembuatan alat pemeriksa kualitas udara ini dalam waktu kurang lebih 3 minggu. *Black box*, berukuran 180 x 110 x 62 mm, digunakan dalam membuat mekanik alat ini untuk menempatkan semua sensor dan komponen.

Dalam segi elektrik, alat ini mengumpulkan informasi dari beberapa sensor yang terhubung dengan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler penting. Suhu dan kelembapan diukur dengan sensor DHT22, tingkat asap dikenali oleh sensor MQ-2, dan konsentrasi yang rapi diukur dengan sensor GP2Y1010AU0F. Logika *fuzzy* digunakan untuk menganalisis informasi dari berbagai sensor dan mengevaluasi kualitas diskusi. Hasil pengolahan data dikirim secara real-time ke platform Antares untuk diperiksa lebih lanjut dan ditampilkan pada LCD 20x4. Gambar 20 menunjukkan alat sistem pemantauan kualitas udara yang telah dibuat:



Gambar 20 Alat

4.4. Pengujian Alat

4.4.1. Perbandingan Sensor DHT-22

Sensor DHT-22 berfungsi untuk mendeteksi suhu dan kelembapan. Dalam pengujian sensor ini, digunakan alat ukur standar, yaitu thermometer untuk mengukur suhu dan hygrometer untuk mengukur kelembapan. Setelah melakukan perbandingan antara hasil pengukuran dari sensor DHT-22 dengan alat ukur standar tersebut, diperoleh data yang menunjukkan tingkat akurasi dan konsistensi dari sensor. Setelah memperoleh data, dilakukan perhitungan menggunakan rumus error untuk mengetahui nilai errornya. Berikut hasil perbandingan sensor DHT-22 beserta nilai error nya:

Table 10 Perbandingan Sensor DHT-22

Kelembapan			Suhu		
DHT22	Hygrometer	Error	DHT22	Thermometer	Error
69%	70%	1%	33,2°C	32,9°C	0,90%
75%	70%	7%	32,5°C	33,5°C	2%
67%	63%	6%	32,4°C	34,9°C	7%
68%	62%	9%	33,1°C	35,3°C	6%
66%	59%	11%	32,8°C	34,8°C	5%
59%	66%	10%	33°C	33°C	0%

Tabel 10 menunjukkan hasil pengujian sensor DHT22 dalam mengukur kelembapan dan suhu, yang dibandingkan dengan alat ukur standar, yaitu hygrometer untuk kelembapan dan thermometer untuk suhu. Sensor DHT22 mengukur kelembapan dalam rentang 59% hingga 75%, sementara nilai kelembapan yang diukur oleh hygrometer standar berkisar antara 59% hingga 70%. Error kelembapan bervariasi, dengan nilai terendah 1% pada pengukuran 69% dan nilai tertinggi 11% pada pengukuran 66%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 dapat memberikan hasil yang cukup akurat pada beberapa pengukuran.

Di sisi lain, pengukuran suhu oleh sensor DHT22 berkisar antara 32,4°C hingga 33,2°C, sedangkan nilai suhu dari thermometer standar berkisar antara 32,9°C hingga 35,3°C. Error suhu juga bervariasi, dengan error terendah 0,90% pada pengukuran 33,2°C dan error tertinggi 7% pada pengukuran 32,4°C. Ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 cenderung lebih akurat dalam pengukuran suhu dibandingkan kelembapan, dengan sebagian besar error berada di bawah 5%.

Secara keseluruhan, sensor DHT22 menunjukkan performa yang bervariasi dalam pengukuran kelembapan dan suhu. Meskipun ada beberapa pengukuran

yang menunjukkan error rendah, terdapat juga pengukuran dengan error yang cukup tinggi, terutama pada kelembapan. Sensor DHT22 lebih konsisten dalam pengukuran suhu, dengan sebagian besar error berada di bawah 5%.

4.1.2. Perbandingan Sensor MQ-2

Sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi kadar asap dalam ruangan. Pengujian sensor MQ-2 dilakukan dengan membandingkan nilai tegangan keluaran pada sensor saat mendeteksi asap dengan hasil tegangan keluaran yang terdapat dalam dataset MQ-2.

Untuk mengetahui tegangan keluaran sensor MQ-2, langkah pertama adalah mengonversi nilai ADC (*Analog-to-Digital Converter*) yang dibaca dari sensor menjadi tegangan menggunakan rumus berikut:

$$VRL = (ADCvalue / 4095.0) * Vc$$

Di mana:

- VRL : tegangan keluaran sensor,
- Adc value : nilai yang dibaca dari sensor,
- Vc : tegangan input yang diberikan ke sensor (biasanya 5V).

Rumus ini akan diimplementasikan dalam program menggunakan software Arduino IDE. Program ini akan membaca nilai ADC dari sensor MQ-2, menghitung tegangan keluaran, dan kemudian membandingkan hasilnya dengan nilai yang terdapat dalam dataset MQ-2 untuk menentukan konsentrasi asap yang terdeteksi.

Setelah memasukkan semua persamaan kedalam program selanjutnya akan dilakukan pengujian error dengan cara membandingkan hasil bacaan dari sensor dengan datasheet.

Table 11 Perbandingan Sensor MQ-2

Kadar Asap	Tegangan		Error
	Sensor MQ-2	Dataset	
332 ppm	1,5	1,3	15%
528 ppm	1,7	1,5	13%
384 ppm	1,6	1,4	14%
1478 ppm	2,1	2,5	16%
333 ppm	1,4	1,3	7%
2598 ppm	2,3	2,8	17%

Dari Tabel 11, terlihat bahwa terdapat variasi error yang signifikan antara sensor 1 dan sensor 2. Secara keseluruhan, error berkisar antara 7% hingga 17%, yang menunjukkan bahwa meskipun kedua sensor menghasilkan pengukuran

yang relatif konsisten, terdapat perbedaan yang cukup besar pada beberapa titik pengukuran kadar asap. Error terendah terjadi pada kadar asap 333 ppm dengan nilai 7%, sementara error tertinggi ditemukan pada kadar asap 2598 ppm dengan nilai 17%.

4.1.3. Perbandingan Sensor GP2Y1010AU0F

Sensor GP2Y1010AU0F berfungsi untuk mendeteksi konsentrasi debu di udara dengan cara memantulkan cahaya dari partikel debu ke photodiode. Photodiode kemudian mengubah cahaya yang dipantulkan menjadi nilai tegangan. Karakteristik sensor ini menunjukkan bahwa tegangan keluaran yang lebih tinggi sebanding dengan densitas debu yang terdeteksi.

Dalam program yang menggunakan software Arduino IDE, rumus berikut digunakan untuk memperoleh hasil tegangan keluaran dan konsentrasi debu dalam satuan mikrogram per meter kubik ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

- $Voltage = sensorValue * (3.3 / 4095.0)$: Sensor value adalah nilai yang dibaca dari sensor dalam format ADC (Analog-to-Digital Converter). Rumus ini mengonversi nilai ADC menjadi tegangan dalam volt.
- $Dust Concentration = (0.17 * voltage - 0.1) * 1000$: mengonversi tegangan yang dihasilkan menjadi konsentrasi debu dalam satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Koefisien dalam rumus ini diambil dari karakteristik sensor dan dapat bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan dan kalibrasi sensor.

Table 12 Perbandingan Sensor GP2Y1010AU0F

Dust Density	Tegangan		Error
	Sensor GP2Y	Dataset	
374 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2,7	2,4	12%
149 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,4	1,5	6%
89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,1	1,2	8%
156 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,5	1,6	6%
96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,1	1,2	8%
198 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,7	1,5	13%

Hasil pengujian pada Tabel 12 menunjukkan bahwa pada kadar debu 374 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sensor menghasilkan tegangan sebesar 2,7 V dengan error sebesar 12%, yang menunjukkan akurasi yang sangat baik meskipun terdapat penyimpangan. Pada kadar debu 149 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sensor menghasilkan nilai 1,4 V dengan error 6%, yang menunjukkan hasil yang cukup akurat. Bahkan pada kadar debu 156 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, terdapat error kecil sebesar 6%, sementara pada kadar debu 198 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sensor menghasilkan tegangan sebesar 1,7 V dengan error 13%. Secara keseluruhan,

sensor GP2Y1010AU0F menunjukkan kinerja yang baik dalam mendeteksi konsentrasi debu, dengan sebagian besar kesalahan kurang dari 13%.

4.3. Hasil Data Alat

Tabel berikut menyajikan hasil pemantauan kualitas udara menggunakan alat monitoring yang dikembangkan oleh penulis. Data diperoleh dari pengukuran di dalam ruang kamar pribadi. Alat monitoring ditempatkan di tengah atas meja belajar untuk memastikan pengukuran yang representatif. Posisi ini dipilih karena tidak terlalu dekat dengan pintu atau ventilasi, sehingga alat hanya membaca kualitas udara dari dalam ruang kamar, tanpa terpengaruh oleh udara dari luar.

Table 13 Hasil Monitoring

Waktu	Suhu	Kelembapan	Kadar Asap	Debu
09:20:11	26,1	52,1	3,3	11
09:20:59	26,0	51,9	4,3	116
09:21:02	26,0	51,8	4,2	97
09:21:04	26,0	51,7	123,3	84
09:21:07	26,0	51,7	70,9	91
09:21:09	26,0	51,8	29,1	107
09:21:12	26,0	51,8	17,8	39
09:34:36	23,0	49,4	200,3	125
09:34:42	26,7	58,1	172,7	254
09:34:44	16,7	41,6	85,3	33
09:34:47	27,4	55,7	129,1	267
09:34:50	27,7	58,0	279,6	255
09:34:53	24,9	52,4	143,4	261
13:55:54	25,0	70,2	295,8	169
13:55:59	20,9	57,1	197,3	285
13:56:03	23,9	57,3	207,0	233
13:56:08	27,2	72,3	459,4	476
13:56:13	28,7	72,8	357,5	494
13:56:18	31,1	73,8	496,6	325
14:08:13	29,4	73,5	457,0	343
14:08:18	28,3	74,3	407,5	329
14:08:23	27,7	72,3	417,7	346
14:08:28	31,4	67,1	409,1	485
17:58:37	31,1	72,5	403,8	467
17:58:41	30,5	66,8	406,1	352
17:59:05	30,0	72,1	300,7	476
17:59:09	17,3	33,7	51,3	15

18:07:47	33,2	69,5	194,2	302
18:07:55	33,3	69,5	117,9	292
18:08:10	33,2	69,6	82,0	116
18:08:17	33,3	69,7	187,3	128
18:12:57	24,7	47,5	56,4	80
18:13:04	29,6	66,6	324,2	389

Berdasarkan hasil data pada Tabel 13, parameter-parameter kualitas udara dianalisis untuk memahami fluktuasi dan perubahan yang terjadi selama periode pengukuran. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi udara secara menyeluruh serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kualitas udara dalam ruangan.

Suhu yang terukur dalam beberapa waktu pemantauan berkisar antara 16,7°C hingga 33,3°C. Pada tabel data suhu terendah tercatat pada pukul 09:34:44 sebesar 16,7°C dan suhu tertinggi tercatat pada pukul 18:07:55 sebesar 33,3°C. Optimalnya suhu pada ruangan umumnya berkisar antara 20°C hingga 25°C. Beberapa faktor dapat menyebabkan fluktuasi suhu yang cukup besar ini, seperti perbedaan waktu, intensitas cahaya matahari yang masuk, penggunaan perangkat elektronik, atau ventilasi udara. Suhu yang terlalu rendah atau tinggi dapat mengganggu kenyamanan termal penghuni, serta mengganggu produktivitas dan kesehatan.

Selama pengukuran, tingkat kelembapan udara tercatat berkisar antara 33,7% dan 74,3%, dengan nilai terendah tercatat pada 17:59:09 sebesar 33,7% dan nilai tertinggi tercatat pada 14:08:18 sebesar 74,3%. Tingkat kelembapan ideal untuk ruangan adalah 40% hingga 60%, yang dianggap ideal untuk menjaga kenyamanan dan kesehatan. Kelembapan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan perkembangan jamur dan bakteri serta meningkatkan risiko gangguan kesehatan seperti alergi dan infeksi saluran pernapasan, sedangkan kelembapan yang terlalu rendah dapat menyebabkan udara kering, menyebabkan iritasi saluran pernapasan, dan membuat kulit kering.

Kadar asap di dalam ruangan berkisar antara 3,3 ppm dan 496,6 ppm. Nilai terendah tercatat pada 09:20:11 sebesar 3,3 ppm dan nilai tertinggi tercatat pada 13:56:18 sebesar 496,6 ppm. Kadar asap di atas 300 ppm dikategorikan sebagai "Tidak Sehat" berdasarkan analisis *fuzzy*. Dalam ruangan, tingkat asap yang tinggi dapat disebabkan oleh aktivitas tertentu, seperti merokok, pembakaran bahan bakar, atau kebocoran gas. Aktivitas ini dapat membahayakan sistem pernapasan, terutama bagi orang yang sangat sensitif atau mengalami masalah pernapasan.

Selama pemantauan, konsentrasi debu berkisar antara 11 g/m³ dan 494 g/m³. Nilai terendah tercatat pada pukul 09:20:11 sebesar 11 g/m³ dan nilai tertinggi tercatat pada pukul 13:56:13 sebesar 494 g/m³. Menurut standar kualitas udara, konsentrasi debu di atas 250 g/m³ dianggap berbahaya bagi orang-orang yang memiliki masalah pernapasan atau alergi. Aktivitas penghuni, kurangnya kebersihan, atau masuknya polutan dari luar melalui ventilasi yang tidak memadai

adalah beberapa faktor yang dapat menyebabkan kadar debu yang tinggi di dalam ruangan.

Secara keseluruhan, analisis ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kondisi udara dalam ruangan dan menjadi dasar untuk solusi mitigasi, seperti meningkatkan ventilasi, menggunakan penyaring udara, dan meningkatkan kadar asap. Faktor-faktor lain yang dipengaruhi termasuk pengaturan ventilasi, kondisi lingkungan sekitar, dan penggunaan perangkat elektronik. Perlu diperhatikan bahwa partikel debu di dalam ruangan tidak langsung terdeteksi oleh sistem, kecuali jika partikel atau benda tersebut masuk ke dalam lubang pendeteksian pada sensor GP2Y1010AU0F. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan prinsip penghamburan cahaya, sehingga mendeteksi debu atau partikel berdasarkan interaksi langsung dengan jalur optiknya. Oleh karena itu, keberadaan debu di udara hanya akan terdeteksi apabila partikel debu tersebut melewati jalur optik sensor. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran debu sangat tergantung pada lokasi pemasangan sensor serta pola pergerakan udara di sekitar sensor.

4.4. Hasil Fuzzy

Table 14 Data Klasifikasi Parameter

No	Suhu	Kategori	Kelembapan	Kategori	Asap	Kategori	Debu	Kategori
1	16,7	Sejuk	41,6	Kering	85,3	Aman	33	Baik
2	32,8	Hangat	70,7	Normal	28,9	Aman	235	Sedang
3	26,0	Nyaman	51,8	Kering	13,5	Aman	358	Buruk
4	31,2	Nyaman	74,3	Normal	5,5	Aman	135	Sedang
5	23,0	Sejuk	49,4	Normal	200,3	Waspada	125	Baik
6	24,4	Nyaman	60,0	Normal	74,7	Aman	72	Baik
7	22,0	Sejuk	40,4	Kering	216,7	Waspada	131	Sedang
8	21,1	Sejuk	54,9	Normal	182,9	Waspada	272	Sedang
9	26,7	Nyaman	58,1	Normal	172,7	Waspada	254	Sedang
10	30,0	Hangat	74,6	Lembab	181,1	Waspada	299	Sedang
11	25,5	Nyaman	41,7	Kering	249,1	Waspada	292	Sedang
12	33,3	Hangat	69,7	Normal	187,3	Waspada	128	Sedang
13	31,4	Hangat	73,9	Normal	0,2	Aman	320	Buruk
14	27,2	Nyaman	72,3	Normal	459,4	Bahaya	476	Buruk
15	20,0	Sejuk	75,8	Lembab	423,3	Bahaya	309,7	Buruk
16	23,6	Nyaman	77,2	Lembab	293,6	Bahaya	433,6	Buruk
17	27,5	Hangat	63,5	Kering	262,9	Waspada	492,8	Buruk
18	25,7	Nyaman	61,8	Normal	390	Bahaya	250,9	Sedang
19	31,4	Hangat	71,1	Normal	159,4	Waspada	330,6	Buruk
20	33	Hangat	60,5	Kering	468,8	Bahaya	473,9	Buruk
21	32,8	Hangat	79,3	Lembab	400	Bahaya	440,9	Buruk

Tabel 14 menunjukkan data dari parameter-parameter yang diklasifikasikan sesuai dengan kategori metode *fuzzy*. Suhu, kelembapan, kadar asap, dan kadar debu adalah empat faktor utama yang memengaruhi kualitas udara, dan statistik mengenai faktor-faktor ini ditampilkan pada tabel tersebut. Dengan mempertimbangkan keadaan lingkungan yang diamati, setiap parameter diukur dan dikategorikan ke dalam beberapa tingkatan. Penjelasan lebih lanjut tentang klasifikasi yang digunakan untuk setiap parameter dapat ditemukan di bawah ini:

1. Suhu, Pada suhu udara ada beberapa kategori yaitu 'Sejuk', 'Nyaman' atau 'Hangat'. Pada suhu dengan tingkat rendah seperti 16,7°C masuk dalam kategori 'Sejuk', dan pada suhu berkisar antara 25°C hingga 33°C dikategorikan sebagai 'Nyaman', dan diatas suhu itu masuk ke dalam kategori 'Hangat'.
2. Kelembapan: Kelembapan yang ada di udara terdiri dari 'Kering', 'Normal', dan 'Lembab'. Tingkat kelembapan yang lebih rendah (di bawah 50%) dikategorikan sebagai 'Kering', sedangkan tingkat kelembapan normal berkisar antara 50-70%, dan di atas 70% dikategorikan sebagai 'Lembab'.
3. Kadar Asap: Pengukuran tingkat asap diukur dalam ppm (bagian per juta) dan di kategorikan dalam tiga kategori, yaitu 'Aman', 'Waspada', dan 'Bahaya'. Tingkat asap dalam jumlah yang sangat rendah atau tidak terdeteksi dikategorikan sebagai 'Aman', Sementara itu, tingkat asap yang lebih tinggi mengindikasikan ketidakamanan dan dikategorikan sebagai 'Waspada' atau 'Bahaya'.
4. Debu: Parameter debu pengukuran dalam satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ini dikategorikan berdasarkan tingkat kualitas dengan kategori 'Baik', 'Sedang', dan 'Buruk'. Hasil pengukuran tingkat debu yang rendah, seperti 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, masuk dalam kategori 'Baik', adapun tingkat debu yang lebih tinggi mengindikasikan kualitas udara yang lebih buruk, yaitu 'Sedang' dan 'Buruk'.

Hasil pengukuran alat monitoring meliputi parameter seperti suhu, kelembapan, konsentrasi asap, dan konsentrasi debu, yang kemudian diolah menggunakan logika *fuzzy* untuk menentukan kategori kualitas udara, yaitu Sehat, Kurang Sehat, atau Tidak Sehat. Data ini bertujuan untuk memberikan gambaran kondisi udara di ruang kamar dan dapat menjadi acuan untuk meningkatkan kenyamanan dan kesehatan lingkungan dalam ruangan.

Table 15 Hasil Fuzzy

Rules	Suhu	Kelembapan	Asap	Debu	Kualitas Udara
1	16,7	41,6	85,3	33	Sehat
2	32,8	70,7	28,9	235	Sehat
3	26,0	51,8	13,5	358	Sehat
4	31,2	74,3	5,5	135	Sehat
5	23,0	49,4	200,3	125	Sehat
6	24,4	60,0	74,7	72	Sehat
7	22,0	40,4	216,7	131	Kurang Sehat
8	21,1	54,9	182,9	272	Kurang Sehat
9	26,7	58,1	172,7	254	Kurang Sehat
10	30,0	74,6	181,1	299	Kurang Sehat
11	25,5	41,7	249,1	292	Kurang Sehat

12	33,3	69,7	187,3	128	Kurang Sehat
13	31,4	73,9	0,2	320	Kurang Sehat
14	27,2	72,3	459,4	476	Tidak Sehat
15	20,0	75,8	423,3	309,7	Tidak Sehat
16	23,6	77,2	293,6	433,6	Tidak Sehat
17	27,5	63,5	262,9	492,8	Tidak Sehat
18	25,7	61,8	390	250,9	Tidak Sehat
19	31,4	71,1	159,4	330,6	Tidak Sehat
20	33	60,5	468,8	473,9	Tidak Sehat
21	32,8	79,3	400	440,9	Tidak Sehat

Tabel 15 menunjukkan hasil dari penerapan *fuzzy logic* pada 21 aturan (rules) yang diterapkan pada sistem. Data yang dihasilkan mencakup nilai parameter masukan berupa suhu, kelembapan, kadar asap, dan kadar debu, serta keluaran berupa kategori kualitas udara (Sehat, Kurang Sehat, Tidak Sehat).

Secara kualitatif menunjukkan bahwa hasil dari aturan *fuzzy* berhasil mengklasifikasikan kondisi udara berdasarkan kombinasi parameter input secara efektif. Sebagai contoh, Rule 1 mengklasifikasikan kualitas udara sebagai "Sehat" dengan parameter suhu 16,7°C, kelembapan 41,6%, kadar asap 85,3 ppm, dan kadar debu 33 g/m³. Kondisi tersebut menunjukkan lingkungan yang relatif bersih dan nyaman. Sebaliknya, Rule 14 mengklasifikasikan kualitas udara sebagai "Tidak Sehat" dengan parameter suhu 27,2°C, kelembapan 72,3%, kadar asap 459,4 ppm, dan kadar debu 476 g/m³. Kondisi ini mengindikasikan adanya pencemaran udara yang signifikan dan potensi bahaya bagi kesehatan. Dari contoh-contoh tersebut, dapat disimpulkan bahwa aturan *fuzzy* memiliki kemampuan untuk membedakan tingkat kualitas udara berdasarkan nilai masukan yang relevan, yang mencakup suhu, kelembapan, kadar asap, dan debu. Setiap parameter memiliki domain dan himpunan *fuzzy* tersendiri, yang memungkinkan sistem untuk memberikan klasifikasi yang tepat sesuai dengan kondisi lingkungan yang terukur. Penggunaan aturan *fuzzy* dalam penelitian ini terbukti efektif dalam menyajikan pemahaman yang lebih jelas mengenai kualitas udara dalam berbagai kondisi, serta memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan dalam pengelolaan kualitas udara.

Secara kuantitatif, kita dapat menganalisis hasil *fuzzy logic* berdasarkan distribusi keluaran kategori kualitas udara: enam data (28,6%) dianggap Sehat, tujuh data (33,3%) dianggap Kurang Sehat, dan delapan data (38,1%) dianggap Tidak Sehat. Distribusi ini menunjukkan bahwa sebagian besar data masukan berasal dari kategori Tidak Sehat. Dalam beberapa situasi, tingginya kadar asap dan debu dapat menyebabkan hal ini. Selain itu, nilai parameter masukan rata-rata untuk setiap kategori kualitas udara juga dipelajari. Suhu rata-rata untuk kategori Sehat adalah 25,35°C, kelembapan 56,63%, kadar asap 79,73 ppm, dan kadar debu 138,00 g/m³; untuk kategori Kurang Sehat, rata-rata 27,37°C, kelembapan 61,63%, kadar asap 187,26 ppm, dan kadar debu 256,43 g/m³; dan

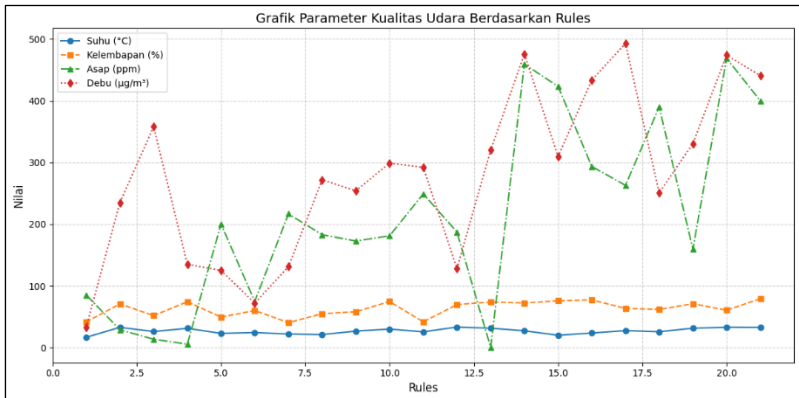
untuk kategori Tidak Sehat, rata-rata 27,87°C, kelembapan 70,49%, kadar asap 375,07 ppm, dan kadar debu 390,53 g/m³. Analisis ini menunjukkan bahwa keluaran sistem menjadi Tidak Sehat dipengaruhi secara signifikan oleh peningkatan nilai kadar asap dan debu.

Berdasarkan hasil analisis, suhu, kelembapan, konsentrasi asap, dan konsentrasi debu merupakan empat faktor parameter yang mempengaruhi kualitas udara. Namun, kontribusi masing-masing parameter terhadap kualitas udara tidak sama, dengan konsentrasi asap dan kandungan debu menunjukkan dominasi yang lebih besar daripada suhu dan kelembapan. Penjelasan lebih lengkap mengenai dominasi setiap parameter dapat ditemukan di bawah ini:

1. Kadar Asap: Jumlah asap di udara memiliki dampak yang signifikan. Tingkat kandungan asap yang tinggi biasanya dikaitkan dengan nilai "Tidak Sehat". Sebagai contoh, meskipun kelembapan (72,3%) dan suhu (27,2°C) berada dalam batas yang wajar, kualitas udara dalam Peraturan 14 diklasifikasikan sebagai "Tidak Sehat" karena konsentrasi asap sebesar 459,4 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa penyebab utama kualitas udara yang buruk adalah jumlah asap yang ada.
2. Konsentrasi debu: Ketika menentukan kategorisasi kualitas udara, tingkat debu juga sangat penting. Kadar debu yang termasuk dalam kategori "Tidak Sehat" sering kali berada dalam kisaran nilai yang sangat tinggi, seperti yang terlihat pada Aturan 17 (492,8 g/m³) dan 20 (473,9 g/m³). Saluran pernapasan dapat teriritasi oleh partikel debu yang tinggi, yang akan menurunkan kualitas udara secara drastis.
3. Kelembapan: Kelembapan memiliki pengaruh yang cukup terhadap kualitas udara. Untuk kategori 'Tidak Sehat', nilai kelembapannya lebih tinggi daripada kategori 'Sehat' atau 'Kurang Sehat'. Sebagai contoh, pada Rule 21, kelembapan mencapai 79,3%, yang memberikan kontribusi lebih lanjut pada udara yang lebih berat dan lembap. Namun pengaruh kelembapan lebih dilihat sebagai faktor pendukung, bukan sebagai unsur utama, dalam menentukan kualitas udara.
4. Suhu: Pada tingkat yang paling kecil, suhu memiliki dampak yang paling kecil dalam menentukan kualitas udara dibandingkan dengan parameter yang lainnya. Sebagai contoh, pada Rule 5 (23,0°C) dan Rule 20 (33°C), kualitas udara yang dikategorikan berbeda meskipun terdapat perbedaan suhu yang cukup signifikan. Ini menunjukkan bahwa suhu memiliki peran yang lebih besar terkait kenyamanan ruangan, tapi bukan merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas udara.

Berdasarkan data tersebut, kadar asap dan kadar debu menunjukkan parameter yang paling dominan dalam mempengaruhi kualitas udara. Sementara itu, kelembapan memberikan kontribusi yang cukup mendukung, serta suhu lebih menjadi indikator kenyamanan lingkungan. Dengan demikian, pemantauan kadar

asap dan debu perlu menjadi prioritas utama untuk memastikan kualitas udara yang sehat dan nyaman.



Gambar 21 Grafik Fuzzy

Gambar 22 menunjukkan grafik *fuzzy* yang menggambarkan nilai dari empat parameter kualitas udara, yaitu suhu, kelembapan, asap, dan debu, berdasarkan 21 aturan (rules) yang diberikan. Sumbu X merepresentasikan nomor aturan, sedangkan sumbu Y menunjukkan nilai dari masing-masing parameter. Setiap parameter ditampilkan dengan gaya garis dan penanda yang berbeda: suhu dengan garis berwarna biru, kelembapan dengan garis berwarna oranye, asap dengan garis hijau, dan debu dengan garis berwarna merah. Grafik ini membantu dalam mengidentifikasi parameter dengan mudah.

Untuk membaca grafik ini, pilih nomor aturan pada sumbu X dan cari titik pada setiap garis parameter untuk membaca nilai pada sumbu Y. Sebagai contoh, pada aturan ke-1, suhu adalah 16.7°C, kelembapan 41.6%, asap 85.3 ppm, dan debu adalah 33 g/m3. Selain itu, pola garis dapat digunakan untuk melihat tren dalam setiap parameter; misalnya, nilai debu meningkat dari aturan pertama ke aturan terakhir, sementara suhu relatif stabil dengan Kualitas udara dapat dinilai dengan kombinasi keempat parameter ini: "Sehat", "Kurang Sehat", atau "Tidak Sehat." Grafik ini menunjukkan hubungan antara parameter dan dampak yang dihasilkan oleh perubahan dalam kualitas udara.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Sensor DHT-22, MQ-2, dan GP2Y1010AU0F telah diuji dan terbukti dapat mendeteksi faktor kualitas udara dalam ruangan seperti suhu, kelembapan, asap, dan tingkat debu dengan keandalan yang tinggi. Sensor DHT-22 akurat dalam mendeteksi suhu, dengan sebagian besar kesalahan kurang dari 5%, meskipun pengukuran kelembapan memiliki fluktuasi kesalahan yang lebih besar. Sensor MQ-2 memiliki variasi kesalahan 7% hingga 17% untuk mendeteksi tingkat asap, namun sensor GP2Y1010AU0F memiliki akurasi yang tinggi dalam mendeteksi konsentrasi debu dengan kesalahan berkisar antara 6% hingga 13%
2. Sistem monitoring pembacaan sensor, hasil klasifikasi *fuzzy*, dan kondisi udara pada ruangan yang diintegrasikan dengan menggunakan ESP32, dan akan dikirimkan ke sistem database menggunakan jaringan Wi-Fi, yang kemudian akan ditampilkan dalam secara real-time dalam sebuah website yaitu website platform Antares.
3. Implementasi sistem logika *fuzzy* mampu menghasilkan keputusan klasifikasi kualitas udara yang relevan dan responsif terhadap kondisi input dari sensor DHT-22, MQ-2, dan GP2Y1010AU0F serta waktu. Analisis fungsi keanggotaan dan interpretasi aturan-aturan *fuzzy* membantu dalam pemahaman cara kerja sistem dan alasan di balik keputusan yang dihasilkan untuk mengklasifikasikan kualitas udara menjadi kategori 'Sehat', 'Kurang Sehat', dan 'Tidak Sehat'. Sistem ini secara efektif memberikan informasi mengenai kondisi kualitas udara dalam ruangan berdasarkan data yang diterima dari sensor-sensor tersebut.

5.2. Saran

Untuk menyelesaikan penelitian ini, masih terdapat beberapa aspek yang perlu dikembangkan lebih lanjut. Oleh karena itu, penulis ingin memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian jangka panjang untuk mengevaluasi performa sistem pemantauan kualitas udara dengan sensor DHT-22, MQ-2, dan GP2Y1010AU0F pada berbagai kondisi lingkungan yang berbeda.
2. Melakukan analisis lebih mendalam mengenai pengaruh faktor eksternal, seperti suhu dan kelembapan lingkungan, terhadap akurasi pengukuran sensor dan komunikasi data antara sensor dan platform Antares.

3. Mengembangkan sistem untuk memberikan rekomendasi atau notifikasi otomatis berdasarkan hasil pemantauan kualitas udara, seperti memberikan peringatan apabila kualitas udara tidak memenuhi standar yang ditetapkan.
4. Mengoptimalkan penggunaan platform Antares dengan memilih opsi hosting berbayar agar sistem dapat mengelola data lebih efisien dan memberikan performa yang lebih baik dalam pemantauan kualitas udara secara real-time.

Saran-saran ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja dan aplikasi sistem pemantauan kualitas udara secara lebih efektif di masa depan.

Daftar Pustaka

- [1] E. P. Rahayu, Z. Saam, Sukendi och D. Afandi, "Kualitas Udara Dalam Ruang Rawat Inap Di Rumah Sakit Swasta Tipe C," *Dinamika Lingkungan Indonesia*, vol. 6, pp. 55 - 56, 2019.
- [2] Sunardi, A. Yudhana och Furizal, "Optimasi Pengendalian Suhu dan Kelembapan Ruangan di Kota," *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 6, p. 1749-1759, 2022.
- [3] A. D. Ramadhani, A. Nurcahya, N. Azizah och N. Ningsih, "Klasifikasi dan Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan menggunakan Thingspeak," *JURNAL TEKNIK ELEKTRO DAN KOMPUTER TRIAC*, vol. 10, pp. 1 - 5, 2023.
- [4] M. S. Novelan, "Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Menggunakan Mikrokontroler dan Aplikasi Android," *InfoTekJar :Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, vol. 4, pp. 240 - 244, 2020.
- [5] S. N. Djabir, M. F. Azis och A. Kurniadi, "Design and Development of a Monitoring and Alarm System for Home Security Door Using Antares IoT Platform," *JEAT : Journal of Electrical and Automation Technology*, vol. 1, pp. 56 - 61, 2022.
- [6] K. Pratama, N. Mahmudah och B. Praharsena, "Kontrol Temperatur dan Kelembapan pada Inkubator Bayi Menggunakan Platform Antares," *Jurnal Techno Bahari*, vol. 11, pp. 07 - 11, 2024.
- [7] M. Sahri och O. Hutapea, "PENILAIAN KUALITAS UDARA RUANG PADA GEDUNG PERKANTORAN DI KOTA SURABAYA," *Journal of Industrial Hygiene and Occupational Health*, vol. 4, pp. 1 - 12, 2019.
- [8] R. A. Harahap och M. Y. Hariyawan, "RANCANG BANGUN ALAT MONITORING KUALITAS UDARA BERBASIS NODEMCU ESP8266 (HARDWARE)," *9th Applied Business and Engineering Conference (ABEC)*, vol. 9, pp. 837 - 846, 2021.
- [9] Y. A. Rozzi, J. Fredricka och E. P. Arimi, " METODE REAL-TIME BERBASIS ANDROID DALAM MEMBANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA UNTUK PROSES SANITASI RUMAH SAKIT," *DECODE: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, vol. 3, pp. 420 - 428, 2023.
- [10] Z. S. S. D. A. Endang Purnawati Rahayu, "Kualitas Udara Dalam Ruang Rawat Inap Di Rumah Sakit Swasta Tipe C," *Dinamika Lingkungan Indonesia*, vol. 6, pp. 55-59, 2019.

- [11] A. W. I. A. A. S. P. L. P. D. M. B. M. Agum Anantama, "IMPLEMENTASI METODE FUZZY PADA SISTEM SIRKULASI UDARA BERBASIS INTERNET OF THINGS," *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer (JTikom)*, vol. 3, pp. 56-66, 2022.
- [12] G. A. S. Robby Yuli Endra, "IMPLEMENTASI FUZZY INFERENCE SYSTEM (FIS) METODE TSUKAMOTO UNTUK MONITORING KUALITAS UDARA," *Ilmu Komputer Unila Publishing Network*, vol. 10, pp. 23-34, 2022.
- [13] W. Setyawan, F. Hadary och M. Saleh, "PERANCANGAN SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA DI DAERAH RURAL DENGAN KARAKTERISTIK GAMBUT BERBASIS TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS (IoT)," *Jurnal Ilmiah Universitas Tanjungpura*, pp. 1 - 8, 2022.
- [14] E. P. Rahayu, Z. Saam, Sukendi och D. Afandi, "Kualitas Udara Dalam Ruang Rawat Inap Di Rumah Sakit Swasta Tipe C Kota Pekanbaru Ditinjau Dari Kualitas Fisik," *Dinamika Lingkungan Indonesia*, vol. 6, pp. 55 - 59, 2019.
- [15] B. P. Pratiwi, A. S. Handayani och Sarjana, "Pengukuran Kinerja Sistem Kualitas Udara Dengan Teknologi WSN Menggunakan Confusion Matrix," *JURNAL INFORMATIKA UPGRIS*, vol. 6, pp. 66 - 75, 2020.
- [16] Z. Majidah, M. A. Bianto och B. D. Saputra, "Implementasi Fuzzy Logic Mamdani Untuk Monitoring Kualitas Udara Berbasis Iot," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 2, pp. 1 - 6, 2024.
- [17] M. G. Salsabila, M. A. Murti och A. Z. Fuadi, "Rancang Bangun Komunikasi Kwh Meter 3 Fasa Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan LoRa," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 9, pp. 2335 - 2345, 2022.
- [18] K. Pratama, N. Mahmudah och B. Praharsena, "Kontrol Temperatur dan Kelembapan pada Inkubator Bayi Menggunakan Platform Antares," *Jurnal Techno Bahari*, vol. 11, pp. 07 - 11, 2024.
- [19] A. Sanaris och I. Suharjo, "Prototype Alat Kendali Otomatis Penjemur Pakaian Menggunakan NodeMCU ESP32 Dan Telegram Bot Berbasis Internet of Things(IOT)," *Journal of Information System and Artificial Intelligence*, vol. 1, pp. 17 - 24, 2020.
- [20] S. A. Arrahma och R. Mukhaiyar, "Pengujian Esp32-Cam Berbasis Mikrokontroler ESP32," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, pp. 60 - 66, 2023.

- [21] Azhari och T. I. Nasution, " Design of Monitoring System Temperature And Humidity Using DHT22 Sensor and NRF24L01 Based on Arduino," *Journal of Physics: Conference Series*, pp. 1 - 9, 2023.
- [22] M. A. Satryawan och E. Susanti, "PERANCANGAN ALAT PENDETEKSI KUALITAS UDARA DENGAN IoT (Internet of Things) MENGGUNAKAN WEMOS ESP32 D1 R32," *Sigma Teknika*, vol. 6, pp. 410 - 419, 2023.
- [23] R. Inggi och J. Pangala, "PERANCANGAN ALAT PENDETEKSI KEBOCORAN GAS LPG MENGGUNAKAN SENSOR MQ-2 BERBASIS ARDUINO," *Jurnal Sistem Informasi dan Sistem Komputer*, vol. 6, pp. 12 - 22, 2021.
- [24] Y. Irawan, A. W. Novrianto och H. Sallam, "CIGARETTE SMOKE DETECTION AND CLEANER BASED ON INTERNET OF THINGS (IOT) USING ARDUINO MICROCONTROLLER AND MQ-2 SENSOR," *Journal of Applied Engineering and Technological Science*, vol. 2, pp. 85 - 93, 2021.
- [25] N. P. WINKLER, P. P. NEUMANN, E. SCHAFFERNICHT och A. J., "Gather Dust and Get Dusted: Long-Term Drift and Cleaning of Sharp GP2Y1010AU0F Dust Sensor in a Steel Factory," *38th Danubia-Adria Symposium on Advances in Experimental Mechanics*, pp. 1 - 2, 2022.
- [26] Q. Hidayati, F. Z. Rachman och M. A. S. Rimbawan, "SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA BERBASIS FUZZY LOGIC," *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*, vol. 6, pp. 260 - 267, 2020.
- [27] A. N. Qorib, A. P. B. Saraswati, A. L. Devani och A. P. Sari, "Prediksi Kualitas Udara Menggunakan Logika Fuzzy Metode Mamdani," *Seminar Nasional Informatika Bela Negara (SANTIKA)*, vol. 3, pp. 113 - 116, 2023.
- [28] M. S. S. Virdaus och E. Ihsanto, "Rancang Bangun Monitoring Dan Kontrol Kualitas Udara Dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis Wemos," *JTE Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 12, pp. 22 - 28, 2021.

Biodata



Nama : Norwegiana Riska Leony Sidabalok
TTL : Batam, 17 Januari 2003
Agama : Kristen Protestan
Alamat : Perum Sawang Permai Blok E No 2

Email : riskaleony720@gmail.com
Riwayat Pendidikan SMA/SMK : SMA Swasta Bintang timur 1 Balige
SMP : SMP Tunas Baru Jin-Seung

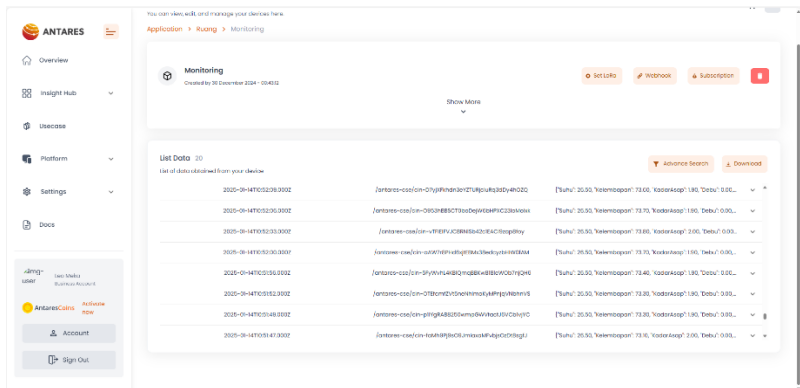
Lampiran

- Data alat pada antares yang di export ke dalam excel

Date	Time	Suhu	Kelembapan	Asap	Debu	Status
27/09/2024	09:20:08	26,1	52,1	3,2	175	Kurang Sehat
27/09/2024	09:20:11	26,1	52,1	3,3	111	Sehat
27/09/2024	09:20:59	26,0	51,9	4,3	116	Kurang Sehat
27/09/2024	09:21:02	26,0	51,8	4,2	97	Sehat
27/09/2024	09:21:06	26,0	51,7	123,3	84	Sehat
27/09/2024	09:21:07	26,0	51,7	70,9	91	Sehat
27/09/2024	09:21:09	26,0	51,8	29,1	107	Kurang Sehat
27/09/2024	09:21:12	26,0	51,8	17,8	201	Sehat
27/09/2024	09:21:14	26,0	51,7	12,8	379	Sehat
27/09/2024	09:21:17	26,0	51,8	13,5	308	Sehat
27/09/2024	09:21:20	26,0	51,9	10,4	416	Sehat
27/09/2024	09:21:22	26,0	51,8	8,7	451	Sehat
27/09/2024	09:21:26	24,1	42,5	143,6	213	Kurang Sehat
27/09/2024	09:23:11	25,9	51,9	23,1	116	Sehat
27/09/2024	09:23:13	25,9	51,7	14,3	305	Sehat
27/09/2024	09:23:16	25,9	51,6	108,1	194	Sehat
27/09/2024	09:23:19	20,5	66,8	213,4	247	Tidak Sehat
27/09/2024	09:23:22	25,9	51,6	107,3	481	Sehat
27/09/2024	09:23:28	26,7	81,7	81,4	44	Sehat
27/09/2024	09:23:27	20,9	39,3	82,2	54	Sehat
27/09/2024	09:23:29	21,4	40,7	80,6	46	Sehat
27/09/2024	09:23:56	18,8	31,1	100,3	5	Sehat
27/09/2024	09:24:02	17,0	30,1	46,2	43	Sehat
27/09/2024	09:25:08	16,2	44,9	51,0	35	Sehat
27/09/2024	09:25:09	17,7	37,3	1,8	83	Sehat
27/09/2024	09:25:11	18,5	33,0	58,4	62	Sehat
27/09/2024	09:25:13	18,8	32,5	115,1	99	Sehat
27/09/2024	09:25:14	18,8	32,5	115,1	99	Sehat

Date	Time	Suhu	Kelembapan	Asap	Debu	Status
29/12/2024	17:52:25	15,6	36,3	15,7	115	Sehat
29/12/2024	17:52:28	15,1	75,0	2,4	298	Tidak Sehat
29/12/2024	17:52:31	15,1	74,8	1,9	500	Tidak Sehat
29/12/2024	17:52:34	18,3	43,9	72,0	56	Sehat
29/12/2024	17:52:42	16,4	31,1	86,2	189	Sehat
29/12/2024	17:52:47	15,1	74,3	0,5	500	Tidak Sehat
29/12/2024	17:53:03	20,4	54,2	81,5	27	Sehat
29/12/2024	17:53:06	15,1	73,9	0,4	500	Tidak Sehat
29/12/2024	17:53:10	19,9	33,7	2,1	113	Sehat
29/12/2024	17:53:13	18,8	45,6	0,3	122	Sehat
29/12/2024	17:53:18	22,1	37,5	133,2	65	Sehat
29/12/2024	17:53:21	21,5	33,8	71,2	104	Sehat
29/12/2024	17:53:29	31,2	74,9	1,3	500	Tidak Sehat
29/12/2024	17:53:31	26,0	56,8	5,8	72	Sehat
29/12/2024	17:53:37	31,2	74,6	0,7	500	Tidak Sehat
29/12/2024	17:53:41	31,2	74,5	5,2	500	Tidak Sehat
29/12/2024	17:53:46	31,2	74,3	5,5	115	Sehat
29/12/2024	17:53:51	31,3	74,2	4,0	46	Sehat
29/12/2024	17:53:55	29,7	72,0	408,6	437	Tidak Sehat
29/12/2024	17:53:59	30,4	69,6	381,3	322	Tidak Sehat
29/12/2024	17:54:03	30,3	63,8	363,6	492	Tidak Sehat
29/12/2024	17:54:07	27,8	60,1	422,6	348	Tidak Sehat
29/12/2024	17:54:11	27,0	71,9	439,8	370	Tidak Sehat
29/12/2024	17:54:15	26,7	60,7	376,2	399	Tidak Sehat
29/12/2024	17:54:19	27,9	72,4	499,4	375	Tidak Sehat
29/12/2024	17:54:23	31,4	73,9	0,2	320	Tidak Sehat
29/12/2024	17:54:28	31,4	73,7	308,3	308	Tidak Sehat
29/12/2024	17:54:32	31,4	73,7	308,3	308	Tidak Sehat

- Tampilan pada web Antares



- Program Fuzzy, sensor. Antares

```
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <DHT.h>
#include <MQUnifiedSensor.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <math.h>
#include <GP2YDustSensor.h>
#include <Fuzzy.h>
#include <Wire.h>

#define DHTPIN 2 // Pin di mana DHT22 terhubung
#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302)
#define MQ2PIN 33 // Pin analog untuk MQ-2
#define DUST_SENSOR_PIN 34 // Pin analog untuk GP2Y1010AU0F
#define LED_PIN 4 // Pin untuk mengontrol LED sensor
#define MQ2_RO_CLEAN_AIR_FACTOR 9.83 // Faktor kalibrasi di udara bersih untuk MQ-2

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); // Inisialisasi LCD dengan alamat I2C 0x27 dan ukuran 20x4

GP2YDustSensor dustSensor(GP2YDustSensorType::GP2Y1010AU0F, LED_PIN, DUST_SENSOR_PIN);
MQUnifiedSensor MQ2("ESP-32", 5, 12, 33, "MQ-2");

// Konfigurasi WiFi
const char* ssid = "A06 milik Norwegiana";
const char* password = "1234567890";

// Antares credentials
const char* antaresId = "https://platform.antares.id:8443/~/antares-cse/antares-id/Ruang/Monitoring";
const char* apiKey = "94420a5b97405d6f:675aad2b6b41058b";

float inputSuhu;
float inputKelembapan;
float inputKonsentrasiDebu;
float inputKadarAsap;
float output;
float lembRounded;
float humidRounded;
String kualitasUdara;

Fuzzy *fuzzy = new Fuzzy();

// Definisikan input fuzzy
FuzzySet *sejuk = new FuzzySet(15, 15, 18, 22);
FuzzySet *nyaman = new FuzzySet(20, 22, 26, 28);
FuzzySet *hangat = new FuzzySet(26, 27, 30, 32);

FuzzySet *kecing = new FuzzySet(30, 30, 37.5, 45);
FuzzySet *normal = new FuzzySet(40, 45, 55, 60);
FuzzySet *lembab = new FuzzySet(63, 65, 67.5, 75);
```

```

FuzzySet *aman = new FuzzySet(0, 0, 100, 125);
FuzzySet *waspada = new FuzzySet(120, 150, 200, 300);
FuzzySet *bahaya = new FuzzySet(290, 350, 425, 501);

FuzzySet *baik = new FuzzySet(0, 0, 100, 125);
FuzzySet *sedang = new FuzzySet(120, 150, 200, 300);
FuzzySet *buruk = new FuzzySet(290, 350, 425, 501);

// Definisikan output fuzzy
FuzzySet *sehat = new FuzzySet(0, 0, 25, 50);
FuzzySet *kurangSehat = new FuzzySet(51, 60, 75, 100);
FuzzySet *tidakSehat = new FuzzySet(101, 120, 160, 200);

void lcdprint();

void setup() {

  Serial.begin(115200);

  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Menghubungkan ke WiFi...");
  }
  Serial.println("Terhubung ke WiFi");

  dht.begin();
  MQ2.setRegressionMethod(1);
  MQ2.setA(36974);
  MQ2.setB(-3.109);
  MQ2.init();

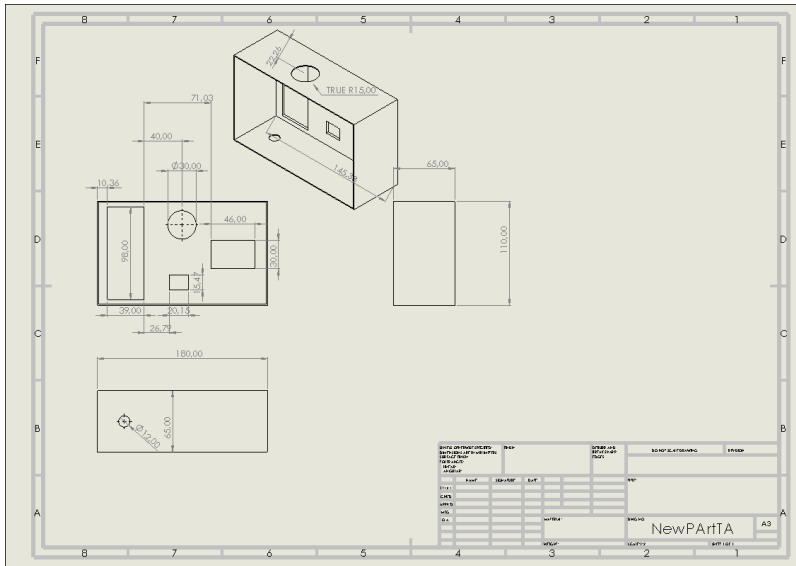
  dustSensor.setBaseline(0.4); // set no dust voltage according to your own experiments
  dustSensor.setCalibrationFactor(1.1); // calibrate against precision instrument
  dustSensor.begin();
  pinMode(LED_PIN, OUTPUT);

  lcd.init(); // Inisialisasi LCD
  lcd.backlight(); // Nyalakan backlight LCD
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Initializing...");

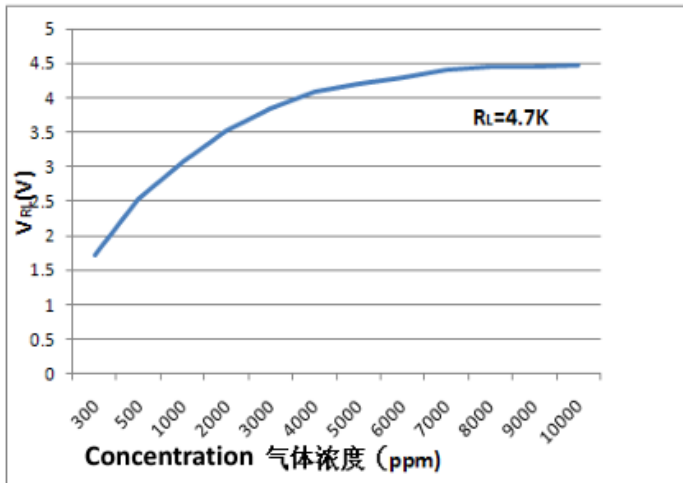
  Serial.print("Calibrating please wait.");
  float calcR0 = 0;
  for (int i = 1; i <= 10; i++) {
    MQ2.update(); // Update data, the arduino will read the voltage from the analog pin
    calcR0 += MQ2.calibrate(MQ2_RO_CLEAN_AIR_FACTOR);
    Serial.print(".");
  }
}

```


- Mekanikal



- Grafik Tegangan Sensor MQ-2 berdasarkan Dataset



- **Grafik Tegangan Sensor GP2Y1010AU0F berdasarkan Dataset**

