

**ALAT DETEKSI KEBISINGAN OTOMATIS DI SEBUAH  
RUANGAN BERBASIS *IOT* MENGGUNAKAN LOGIKA  
*FUZZY***

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Proposal ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknik Informatika  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang



**DISUSUN OLEH:**

**DAVID KURNIA RAHMAN**

**NIM 32602100036**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2025**

***FINAL PROJECT***

***AUTOMATIC NOISE DETECTION DEVICE IN ROOM BASED ON IOT  
USING FUZZY LOGIC***

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S-1)  
at Informatics Engineering Departement of Industrial Technology Faculty  
Sultan Agung Islamic University*



**MAJORING OF INFORMATICS ENGINEERING  
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY  
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY  
SEMARANG  
2025**

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**ALAT DETEKSI KEBISINGAN OTOMATIS DI SEBUAH RUANGAN  
BERBASIS *IOT* MENGGUNAKAN LOGIKA *FUZZY***

**DAVID KURNIA RAHMAN  
NIM 32602100036**

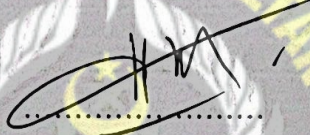
Telah dipertahankan di depan tim penguji ujian sarjana tugas akhir  
Program Studi Teknik Informatika  
Universitas Islam Sultan Agung  
Pada tanggal : .....

**TIM PENGUJI UJIAN SARJANA :**

**Deddy Kurniadi, ST., M.Kom**

NIK. 210615048

(Ketua Penguji)



27/8/2025

**Arief Marwanto, ST., M.eng.,**

**Ph.D**

NIK. 210600015

(Anggota Penguji)



26/8/2025

**Andi Riansyah, S.T., M.Kom**

NIK. 210616053

(Pembimbing)

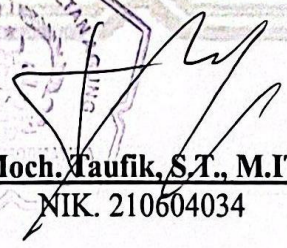


27/8/2025

Semarang, ..27/8/2025

Mengetahui,

Kaprodi Teknik Informatika  
Universitas Islam Sultan Agung



**Moch. Taufik, S.T., M.IT**

NIK. 210604034



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : David Kurnia Rahman

NIM : 32602100036

Judul Tugas Akhir : Alat deteksi kebisingan otomatis disebuah ruangan berbasis  
*IoT* menggunakan logika *fuzzy*

Bahwa dengan ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Informatika tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, Agustus 2025

Yang menyatakan,



David Kurnia Rahman

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : David Kurnia Rahman

NIM : 32602100036

Program Studi : Teknik Informatika

Fakultas : Teknologi Industri

Alamat Asal : Karangtengah, Demak

Dengan ini menyatakan karya ilmiah berupa tugas akhir dengan judul : Alat deteksi kebisingan otomatis disebuah ruangan berbasis *IoT* menggunakan logika *fuzzy*

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan hak bebas royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila di kemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan agung.

Semarang, Agustus 2025

Yang menyatakan,



David Kurnia Rahman

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah atas kehadiran ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Alat deteksi kebisingan otomatis disebuah ruangan berbasis *IoT* menggunakan logika *fuzzy*” dengan baik. Tugas akhir ini disusun dan dibuat dengan adanya bantuan dari berbagai pihak, berupa materi maupun teknis, oleh karena itu saya selaku penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Islam Sultan Agung Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, S.H., M.H yang mengizinkan penulis menimba ilmu di kampus ini.
2. Dekan Fakultas Teknologi Industri Ibu Dr. Ir. Hj. Novi Marlyana, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
3. Dosen pembimbing penulis Bapak Andi Riansyah, S.T., M.Kom yang telah meluangkan waktu dan memberi ilmu dalam penyusunan tugas akhir.
4. Orang Tua penulis yang telah memberikan do'a dan kepercayaan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir.
5. Saudara/i penulis yang telah mendukung dan membantu dalam penyelesaian tugas akhir.
6. Teman-teman yang telah membantu, memberikan motivasi dalam proses penyelesaian tugas akhir.
7. Kepada seseorang yang telah memotivasi saya untuk menyelesaikan tugas akhir.
8. Terima kasih banyak kepada pihak yg tidak bisa disebutkan satu persatu.

Semarang, Agustus 2025

Penulis



## DAFTAR ISI

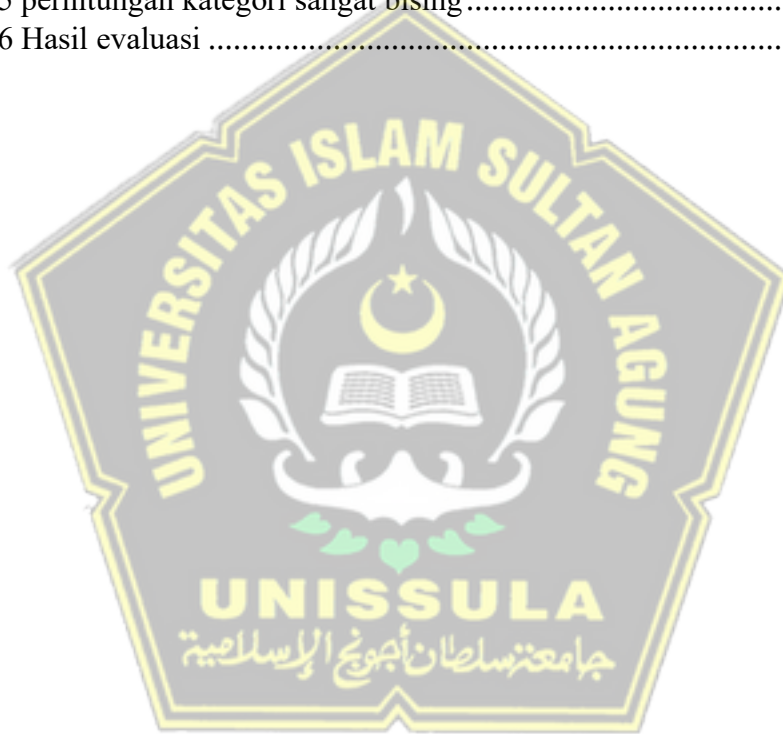
|                                                     |      |
|-----------------------------------------------------|------|
| HALAMAN JUDUL .....                                 | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....                  | ii   |
| SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....         | iii  |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH ..... | iv   |
| KATA PENGANTAR.....                                 | v    |
| DAFTAR ISI .....                                    | vi   |
| DAFTAR TABEL .....                                  | viii |
| DAFTAR GAMBAR .....                                 | ix   |
| ABSTRAK .....                                       | x    |
| BAB I PENDAHULUAN.....                              | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....                             | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                            | 3    |
| 1.3 Batasan Masalah .....                           | 4    |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....                         | 4    |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                        | 4    |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                     | 4    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....       | 6    |
| 2.1 Tinjauan Pustaka.....                           | 6    |
| 2.2 Dasar Teori .....                               | 9    |
| 2.2.1 Kebisingan.....                               | 9    |
| 2.2.2 Sensor Suara.....                             | 11   |
| 2.2.3 <i>Mikrokontroler</i> ESP32 .....             | 12   |
| 2.2.4 Logika <i>fuzzy</i> .....                     | 12   |
| 2.2.5 Monitoring <i>real-time</i> .....             | 13   |
| 2.2.6 <i>Internet of Things (IoT)</i> .....         | 14   |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....                  | 16   |
| 3.1 Studi Literatur.....                            | 16   |

|                                            |                                  |    |
|--------------------------------------------|----------------------------------|----|
| 3.2                                        | Rancang Alur Model .....         | 16 |
| 3.3.1                                      | Perancangan sistem.....          | 18 |
| 3.3.2                                      | <i>Membership function</i> ..... | 19 |
| 3.3.3                                      | <i>Inferensi Fuzzy</i> .....     | 23 |
| 3.3.4                                      | <i>Rule Base</i> .....           | 23 |
| 3.3.5                                      | <i>Defuzzyfikasi</i> .....       | 27 |
| 3.3.6                                      | Praproses data.....              | 30 |
| 3.3.7                                      | Simulasi dan Pengujian.....      | 31 |
| 3.3.8                                      | Analisis .....                   | 32 |
| 3.3.9                                      | Evaluasi.....                    | 32 |
| BAB IV HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN ..... |                                  | 35 |
| 4.1                                        | Hasil .....                      | 35 |
| 4.2                                        | Analisa.....                     | 45 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....            |                                  | 53 |
| 5.1                                        | Kesimpulan .....                 | 53 |
| 5.2                                        | Saran.....                       | 54 |
| DAFTAR PUSTAKA.....                        |                                  |    |



## DAFTAR TABEL

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1. 1 Sistematika penulisan .....                         | 5  |
| Tabel 2. 1 Pembagian dB suara .....                            | 10 |
| Tabel 3. 1 <i>Rule base fuzzy Mamdani</i> .....                | 25 |
| Tabel 3. 2 Hasil <i>defuzzyfikasi</i> tingkat kebisingan ..... | 28 |
| Tabel 4. 1 Hasil pengujian.....                                | 46 |
| Tabel 4. 2 perhitungan kategori normal .....                   | 48 |
| Tabel 4. 3 perhitungan kategori tenang.....                    | 48 |
| Tabel 4. 4 perhitungan kategori bising.....                    | 49 |
| Tabel 4. 5 perhitungan kategori sangat bising .....            | 50 |
| Tabel 4. 6 Hasil evaluasi .....                                | 51 |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Sensor Suara MAX9814 .....                               | 11 |
| Gambar 2. 2 Mikrokontroler ESP32 .....                               | 12 |
| Gambar 2. 6 rancangan sistem.....                                    | 15 |
| Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> alur model.....                         | 16 |
| Gambar 3. 2 Grafik intensitas suara.....                             | 20 |
| Gambar 3. 3 Grafik luas ruangan.....                                 | 21 |
| Gambar 3. 4 Grafik jumlah orang.....                                 | 22 |
| Gambar 4. 1 Skematik rangkaian alat .....                            | 36 |
| Gambar 4. 2 Alat fiisk deteksi kebisingan .....                      | 37 |
| Gambar 4. 3 fungsi klasifikasi output .....                          | 38 |
| Gambar 4. 4 kompilasi program .....                                  | 39 |
| Gambar 4. 5 Proses upload program menuju ESP32.....                  | 39 |
| Gambar 4. 6 Menunjukkan wifi dan blynk terhubung.....                | 40 |
| Gambar 4. 7 Tampilan set-up awal di serial monitor.....              | 40 |
| Gambar 4. 8 Menunggu data input dari aplikasi Blynk <i>IoT</i> ..... | 41 |
| Gambar 4. 9 Hasil output normal .....                                | 41 |
| Gambar 4. 10 Hasil output bising .....                               | 42 |
| Gambar 4. 11 Hasil tampilan aplikasi Blynk <i>IoT</i> .....          | 43 |
| Gambar 4. 12 visualisasi perbandingan db sistem dan acuan .....      | 52 |

## ABSTRAK

Permasalahan kebisingan dalam ruangan kini menjadi perhatian penting, terutama di tempat-tempat dengan aktivitas tinggi seperti perkantoran, sekolah, dan fasilitas umum. Kebisingan yang tidak terkendali tidak hanya mengganggu konsentrasi dan kenyamanan, tetapi juga dapat berdampak buruk bagi kesehatan dalam jangka panjang. Menyadari hal tersebut, penelitian ini merancang sebuah sistem yang mampu memantau tingkat kebisingan secara otomatis dan *real-time*. Sistem ini dibangun menggunakan sensor suara MAX9814 dan mikrokontroler ESP32 yang terkoneksi ke platform Blynk berbasis *Internet of Things (IoT)*. Tidak hanya membaca intensitas suara dalam satuan *desibel*, sistem ini juga memperhitungkan luas ruangan dan jumlah orang di dalamnya untuk menentukan tingkat kebisingan. Dengan bantuan logika *fuzzy*, sistem mengelompokkan kondisi kebisingan ke dalam empat kategori, yaitu Tenang, Normal, Bising, dan Sangat Bising. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi perubahan kebisingan dengan akurat dan memberikan notifikasi secara langsung melalui aplikasi Blynk apabila terdeteksi kondisi “Sangat Bising”. Dengan demikian, sistem ini menawarkan solusi yang efektif dan efisien dalam membantu pengawasan lingkungan akustik dalam ruangan secara otomatis.

Kata Kunci: Kebisingan, *IoT*, ESP32, Logika *Fuzzy*, MAX9814, Blynk

## ABSTRACT

The issue of indoor noise is now an important concern, especially in places with high activity such as offices, schools, and public facilities. Uncontrolled noise not only disrupts concentration and comfort, but can also adversely affect health in the long run. Realizing this, this research designs a *system* that is able to monitor noise levels automatically and in *real-time*. The *system* is built using MAX9814 sound sensor and ESP32 microcontroller connected to the *Internet of Things (IoT)* based Blynk platform. Not only does the *system* read the sound intensity in decibels, it also takes into account the size of the room and the number of people in it to determine the noise level. With the help of *fuzzy* logic, the *system* categorizes noise conditions into four categories, namely Quiet, Normal, Noisy, and Very Noisy. The test results show that the *system* can accurately detect changes in noise and provide notifications directly through the Blynk app if a “Very Noisy” condition is detected. Thus, this *system* offers an effective and efficient solution in helping to monitor the acoustic environment in the room automatically.

*Keywords:* Noise, *IoT*, ESP32, *Fuzzy* Logic, MAX9814, Blynk

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Kemajuan teknologi modern yang terus berkembang pesat telah menghasilkan beragam inovasi dari berbagai penelitian ilmiah, yang bertujuan utama untuk mempermudah dan meningkatkan efisiensi aktivitas manusia (Fahmawaty, 2020). Di berbagai jenis ruangan, seperti kantor, ruang pembelajaran, fasilitas medis, maupun hunian, terciptanya lingkungan yang nyaman dan kondusif menjadi faktor penting agar fungsi ruangan dapat beroperasi secara maksimal dan mendorong produktivitas. Salah satu aspek penting yang menentukan kenyamanan suatu ruangan adalah tingkat kebisingan. Berbagai peraturan dan standar telah dirancang untuk mengendalikan kebisingan di berbagai lingkungan. Sebagai contoh, pada kondisi tertentu, tingkat kebisingan ideal berada dalam kisaran 45–55 dB agar ruangan dapat dianggap dalam kondisi normal. Namun, dalam praktiknya, tidak jarang tingkat kebisingan melebihi batas yang telah ditetapkan. Kondisi ini tentu dapat mengganggu kenyamanan, padahal kenyamanan berperan penting dalam menjaga konsentrasi, sehingga aktivitas seperti bekerja, belajar, maupun beristirahat menjadi kurang optimal.

Ruangan yang nyaman menjadi salah satu elemen penting dalam menciptakan suasana yang kondusif, karena memungkinkan individu untuk lebih mudah fokus dan berkonsentrasi pada aktivitas yang dilakukan di dalamnya, seperti membaca, menyelesaikan tugas, atau berinteraksi. Ketenangan dalam ruangan sangat dibutuhkan, sebab lingkungan yang hening membantu pengguna memusatkan perhatian, memahami informasi yang diterima, serta melakukan analisis secara mendalam terhadap materi yang sedang dipelajari. Sebaliknya, tingkat kebisingan yang tinggi dapat mengganggu konsentrasi secara serius. Suara-suara yang tidak diinginkan mampu mengalihkan perhatian, menghambat pemahaman, dan pada akhirnya menurunkan efektivitas aktivitas. Penelitian bahkan menunjukkan bahwa kebisingan berlebih dapat menimbulkan stres dan



rasa tidak nyaman, yang berpengaruh negatif terhadap produktivitas individu (Wardani dkk., 2024). Oleh sebab itu, menjaga tingkat kebisingan agar tetap dalam batas yang wajar menjadi hal yang sangat penting dalam pengelolaan ruangan masa kini. Pengelola ruangan perlu menerapkan berbagai upaya, seperti penataan ruang yang tepat, pemakaian bahan peredam suara, serta pengaturan jadwal aktivitas agar tidak mengganggu ketenangan, guna menciptakan lingkungan yang mendukung berlangsungnya kegiatan secara optimal. Ruangan tidak hanya berperan sebagai tempat fisik, melainkan juga sebagai wadah bagi perkembangan intelektual dan kreativitas penggunanya (Mayasari dkk., 2024).

Fakta di lapangan menunjukkan bahwa mempertahankan tingkat kebisingan yang ideal dalam berbagai jenis ruangan masih menjadi tantangan tersendiri. Kebisingan dapat berasal dari berbagai sumber, seperti interaksi antar pengguna, aktivitas staf, suara perangkat elektronik, hingga gangguan dari luar ruangan yang masuk ke dalam (Apriyanto & Hadiyanto, 2024). Karena tingkat kebisingan sering kali berubah-ubah dan sulit dikendalikan secara manual, diperlukan solusi yang lebih efisien dan responsif. Gangguan kebisingan ini tidak hanya berdampak langsung pada kenyamanan pengguna, tetapi juga berpotensi menurunkan citra serta kualitas layanan atau fungsi utama ruangan tersebut (Siddik dkk., 2024).

Kemajuan teknologi informasi dan komunikasi, terutama melalui implementasi *Internet of Things (IoT)*, telah memberikan pengaruh yang besar terhadap berbagai bidang kehidupan manusia. *IoT* menawarkan solusi inovatif dalam menghadapi berbagai tantangan kompleks, termasuk dalam pengelolaan kondisi lingkungan di dalam ruangan. Perkembangan pesat *IoT* telah membentuk jaringan luas yang memungkinkan setiap perangkat saling terhubung dan berkomunikasi secara langsung (Saputra, 2024). Teknologi ini memungkinkan pengambilan data secara langsung dan seketika, yang sangat bermanfaat untuk memantau parameter lingkungan seperti tingkat kebisingan. Dengan penggunaan sensor suara yang terintegrasi dalam jaringan *IoT*, dimungkinkan untuk

menciptakan sistem pemantauan yang cerdas dan responsif, di mana informasi tentang tingkat kebisingan dari berbagai titik ruangan dapat dipantau secara terus-menerus. Penerapan teknologi ini diharapkan mampu menyediakan data yang akurat dan mutakhir guna mendukung pengambilan keputusan yang cepat dan tepat terkait pengelolaan kondisi ruangan (Putra dkk., 2023). Data *real-time* yang dikumpulkan dan dianalisis ini memberikan dasar yang kuat bagi pengelola ruangan untuk melakukan tindakan preventif maupun korektif, sehingga mampu menciptakan lingkungan yang lebih nyaman dan mendukung kelancaran berbagai aktivitas di dalamnya.

Berdasarkan uraian sebelumnya, peneliti akan merancang sebuah "Alat deteksi kebisingan dalam ruangan berbasis *IoT* dengan penerapan Logika *Fuzzy*" yang dapat secara akurat dan waktu nyata mengumpulkan data tingkat kebisingan, mengelompokkannya ke dalam kategori yang mudah dipahami melalui logika *fuzzy*, serta menyampaikan informasi tersebut secara efektif kepada pengelola ruangan sebagai alat pemantau keberadaan kebisingan di lingkungan tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka identifikasi permasalahan akan berfokus pada :

1. Bagaimana akurasi *fuzzy* dalam mendeteksi tingkat kebisingan suara?
2. Seberapa akurat metode *fuzzy* dalam mendeteksi kebisingan suara?
3. Apa tantangan dan kendala yang dihadapi dalam implementasi metode *fuzzy* untuk alat deteksi kebisingan?

### 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penulisan proposal ini adalah :

1. Lingkungan yang akan digunakan dalam pengujian merupakan ruangan (*indoor*) seperti ruang baca utama, ruang referensi, dan ruang kelas. Area luar ruangan tidak termasuk dalam lingkup penelitian ini.
2. Sistem hanya mendeteksi kebisingan berbasis intensitas suara (dB) tanpa membedakan jenis sumber suara.
3. Nilai kebisingan yang dianalisis berada pada rentang 30 dB hingga 100 dB. Nilai di bawah atau di atas rentang tersebut tidak dianalisis lebih lanjut.
4. Luas ruangan maksimal yang dilakukan dalam pengujian adalah 25m<sup>2</sup>. Ruangan yang memiliki luas lebih dari 25m<sup>2</sup> maka tidak akan dideteksi.

### 1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengimplementasikan metode *fuzzy* dalam alat deteksi kebisingan suara.
2. Mengetahui akurasi dari metode *fuzzy* pada alat deteksi kebisingan suara.
3. Menyediakan solusi berbasis teknologi untuk mengetahui tingkat kebisingan suara pada sebuah ruangan.

### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam literatur terkait sistem deteksi kebisingan otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* dengan pendekatan logika *fuzzy*.
2. Memberikan gambaran dan bukti implementatif mengenai akurasi metode *fuzzy* dalam mengklasifikasikan tingkat kebisingan berdasarkan kondisi ruangan dan jumlah pengunjung.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang akan digunakan oleh penulis dalam sebuah pembuatan laporan tugas akhir adalah sebagai berikut:

Tabel 1. 1 Sistematika penulisan

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BAB I   | PENDAHULUAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|         | Bab ini berisi latar belakang pemilihan judul, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, serta sistematika penulisan.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| BAB II  | TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|         | Bab ini memuat penelitian-penelitian sebelumnya dan dasar teori untuk membantu penulis memahami bagaimana teori yang berhubungan dengan logika <i>fuzzy</i> dan pengimplementasiannya pada sistem deteksi kebisingan berbasis <i>IoT</i> .                                                                                                                                                                                                                                    |
| BAB III | METODE PENELITIAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|         | Bab ini mengungkapkan proses tahapan-tahapan penelitian dimulai dari mendapatkan data hingga proses pengolahan data yang ada.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| BAB IV  | HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|         | Bab ini penulis mengungkapkan hasil penelitian yang mencakup proses pengumpulan data suara menggunakan sensor MAX9814, pengolahan data intensitas suara menjadi satuan <i>desibel</i> (dB), serta simulasi sistem deteksi kebisingan berbasis logika <i>fuzzy</i> . Sistem diimplementasikan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung ke platform Blynk, dengan input tambahan berupa luas ruangan dan jumlah pengunjung sebagai parameter penentu tingkat kebisingan. |
| BAB V   | KESIMPULAN DAN SARAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|         | Bab ini penulis memaparkan kesimpulan proses penelitian dari awal hingga akhir serta saran untuk penelitian selanjutnya.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian Sebelumnya yang dilakukan oleh (Morchid dkk., 2025) membahas penerapan logika *fuzzy* pada sistem irigasi cerdas berbasis *IoT*. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam meminimalkan pemborosan air dengan menyesuaikan waktu penyiraman berdasarkan suhu dan kelembaban tanah. Melalui platform ThingSpeak, kelembaban tanah berhasil dijaga mendekati ambang batas optimal sebesar 62%, memungkinkan penyiraman yang lebih akurat serta adaptif terhadap perubahan cuaca. Di samping itu, sistem ini dinilai lebih ekonomis dibandingkan metode tradisional yang menuntut biaya tinggi untuk pembangunan dan pemeliharaan infrastruktur.

Penelitian sebelumnya juga telah dilakukan oleh (Khalil & Akter, 2024) tentang penggunaan model logika *fuzzy* dalam memprediksi kekuatan jahitan pada industri tekstil. Penelitian ini menunjukkan tingkat akurasi yang sangat tinggi, tercermin dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9841 untuk arah lungsi dan 0,9888 untuk arah pakan, serta koefisien korelasi ( $R$ ) masing-masing sebesar 0,992 dan 0,9944. Selain itu, nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) rendah, yakni 4,8719% untuk lungsi dan 4,7561% untuk pakan, keduanya di bawah ambang 5%. Temuan ini menunjukkan bahwa model tersebut sangat andal dalam estimasi kekuatan jahitan.

Penelitian terdahulu juga telah dilakukan oleh (Nassiri dkk., 2022) tentang mengkaji klasifikasi buah tomat berdasarkan karakteristiknya menggunakan algoritma *fuzzy*. Hasilnya menunjukkan kemampuan algoritma dalam mengelompokkan tomat secara akurat, dengan tingkat akurasi masing-masing sebesar 90,9%, 92,3%, 88,7%, 87,4%, 92,4%, dan 93,3% pada enam model berbeda. Fungsi keanggotaan *zmf*, *sigmf*, dan *gbellmf* yang dipadukan dengan metode *mom* sebagai defuzzifier memberikan hasil terbaik, yaitu akurasi sebesar

93,3%. Secara keseluruhan, pendekatan ini terbukti efektif dalam klasifikasi tomat untuk keperluan pasar.

Penelitian sebelumnya mengenai pengujian berbagai sensor suhu dan jarak dalam sistem berbasis *IoT* telah dilakukan oleh (Tresna Utama dkk., 2021) melakukan pengujian terhadap beberapa sensor suhu dan jarak pada sistem berbasis *IoT*. Ditemukan bahwa tingkat akurasi bergantung pada jarak pengukuran. Misalnya, pada jarak 3 cm, rata-rata kesalahan tercatat 4,2% dengan perbedaan suhu 1,6°C, sedangkan pada 5 cm error naik menjadi 4,3% dengan selisih 1,7°C. Pada 10 cm dan 20 cm, kesalahan masing-masing sebesar 5,2% (2,0°C) dan 9,6% (3,6°C). Sensor DHT11 menunjukkan stabilitas terbaik dengan error rata-rata 2,4% dan selisih suhu 0,7°C. Sementara itu, sensor ultrasonik HC-SR04 menghasilkan rata-rata error 5,53% dengan selisih jarak 0,3 cm. Hasil ini menegaskan pentingnya pemilihan sensor yang tepat dan kalibrasi akurat dalam sistem *IoT*.

Penelitian terdahulu mengenai pengaturan suhu dan kelembaban pada ruang server menggunakan logika *fuzzy* dengan metode *inferensi Mamdani* telah dilakukan oleh (Sunanto dkk., 2021) Hasilnya menunjukkan bahwa output sistem sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan, yakni mempertahankan suhu antara 21–23°C dan kelembaban 45–65%. Sistem menerima input berupa data suhu dan kelembaban, kemudian menghasilkan output berupa nilai rpm untuk mengatur heater dan pendingin. Ketika kelembaban naik, heater akan aktif, dan saat suhu meningkat, rpm pendingin akan ditingkatkan. Output yang dihasilkan juga mencerminkan kedekatannya terhadap kategori pelan, sedang, atau cepat sesuai dengan nilai inputnya.

Penelitian sebelumnya tentang penggunaan metode Metode *Fuzzy K-Nearest Neighbor* dalam proses klasifikasi penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD). telah dilakukan oleh (Ramadhani dkk., 2023) Tujuan utama adalah menentukan nilai K optimal untuk hasil klasifikasi terbaik. Delapan pengujian dilakukan dengan nilai K bervariasi (3 hingga 20), dan akurasi yang dicapai

berkisar antara 75,15% hingga 85,01%. Nilai akurasi tertinggi dicapai saat  $K = 13$ , yaitu sebesar 85,01%, menjadikannya konfigurasi paling optimal dalam penelitian tersebut.

Penelitian sebelumnya juga telah dilakukan oleh (Alamsyah & Muna, 2016) Menunjukkan hasil evaluasi kinerja 50 pegawai perpustakaan. Skor kinerja tertinggi yang dicatat adalah 90,89, sedangkan yang terendah 80,77. Berdasarkan analisis data tersebut, dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan, kinerja para pegawai termasuk dalam kategori sangat baik. Hasil ini menyoroti pentingnya pengelolaan sumber daya manusia yang baik guna mendukung layanan informasi perpustakaan yang maksimal.

Penelitian sebelumnya juga dilakukan oleh (Audrey, 2022) yang melakukan prediksi jumlah mahasiswa baru menggunakan metode logika *fuzzy* Sugeno. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh dinamika perubahan di lingkungan STMIK yang memengaruhi efisiensi perencanaan penerimaan mahasiswa. Dengan data dari tahun 2014–2018, prediksi dilakukan berdasarkan jumlah registrasi sebelumnya menggunakan MATLAB. Hasil perhitungan menunjukkan nilai Average Forecasting Error Rate (AFER) sebesar 37,6896%, mencerminkan tingkat kesalahan prediksi dalam metode tersebut.

Penelitian terdahulu juga dilakukan oleh (Rizki & Tipa, 2020) Tentang perancang sistem pendukung keputusan untuk menentukan tingkat kriminalitas di Kota Batam menggunakan logika *fuzzy* metode Sugeno. Penelitian ini melibatkan pembentukan himpunan *fuzzy*, fungsi implikasi, komposisi aturan, hingga *defuzzyfikasi*. Fokus utamanya adalah identifikasi tingkat kriminalitas dan penyebabnya. Hasil akhir menunjukkan nilai keputusan sebesar 0,72 yang mengindikasikan tingginya tingkat kriminalitas di wilayah yang diteliti.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Kebisingan

Kebisingan merupakan jenis suara yang tidak diharapkan karena muncul di luar konteks tempat dan waktu yang sesuai, sehingga dapat mengganggu kenyamanan serta menurunkan produktivitas manusia. Tujuan utamanya adalah menciptakan lingkungan yang tenang, khususnya di dalam perpustakaan, agar para pengunjung dapat lebih berkonsentrasi dalam kegiatan membaca dan belajar (Valendra dkk., 2022). Perpustakaan menjadi salah satu lokasi yang idealnya bebas dari gangguan suara, karena sebagai ruang untuk membaca dan belajar, ketenangan menjadi kebutuhan utama. Jika suasana belajar atau membaca terganggu oleh suara bising, maka konsentrasi dapat hilang dan aktivitas dalam perpustakaan pun menjadi kurang optimal (Sidehabi, 2024). Tingkat kebisingan biasanya diukur dalam satuan *desibel* (dB), yang merepresentasikan ukuran logaritmik dari energi suara per satuan luas. Standar pengukuran umumnya menggunakan ambang tekanan suara sebesar  $0,0002 \text{ dyne/cm}^2$ , yaitu tingkat kekuatan suara pada frekuensi 1000 Hz yang masih bisa ditangkap oleh pendengaran manusia normal. Skala *desibel* ini sangat penting karena setiap kenaikan sebesar 3 dB berarti intensitas suara meningkat dua kali lipat. Meskipun secara angka kenaikannya tampak kecil, dampaknya terhadap kemampuan mendengar bisa sangat signifikan. Di sisi lain, sumber kebisingan di lingkungan pendidikan dapat mempengaruhi berbagai kemampuan kognitif: kebisingan di atas 40 dB(A) dapat menyulitkan aktivitas berhitung; efisiensi menurun pada 50 dB(A); kemampuan mengingat terganggu saat kebisingan mencapai 55 dB(A); kesulitan dalam memahami informasi secara pendengaran muncul pada 60 dB(A); pembelajaran menjadi lambat pada tingkat 64 dB(A); dan gangguan pemahaman bacaan muncul pada kebisingan 70 dB(A) (Sánchez Fernández, 2021).

Tabel 2. 1 Pembagian dB suara

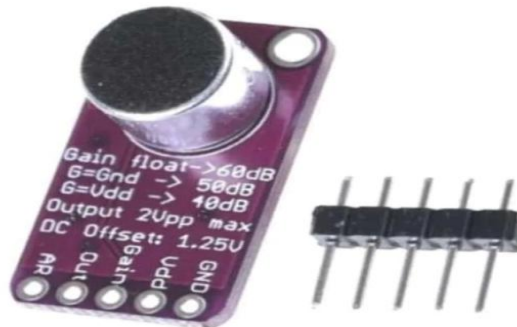
| Intensitas    | dB  | Batas dengar tertinggi         |
|---------------|-----|--------------------------------|
| Menulikkan    | 120 | Halilintar                     |
|               | 110 | Meriam                         |
|               | 100 | Mesin uap                      |
| Sangat hiruk  | 100 | Jalan hiruk                    |
|               | 90  | pikuk Perusahaan sangat gaduh  |
|               | 80  | Pluit polisi                   |
| kuat          | 80  | Kantor gaduh                   |
|               | 70  | Jalan pada umumnya             |
|               | 60  | Radio Perusahaan               |
| Sedang        | 60  | Rumah gaduh                    |
|               | 50  | Kantor umumnya                 |
|               | 40  | Percakapan kuat Radio perlahan |
| Tenang        | 40  | Rumah tenang                   |
|               | 30  | Kantor perorangan              |
|               | 20  | Auditorium Percakapan          |
| Sangat Tenang | 20  | Suara daun-daun                |
|               | 10  | Berbisik                       |
|               | 0   | Batas dengar terendah          |

Sumber: (Syarifuddin, 2015)

Skala *desibel* mengacu pada perbandingan antara tekanan suara yang terdengar dan ambang batas kemampuan pendengaran manusia. Sebagai ilustrasi, suara percakapan normal biasanya berada dalam rentang 60 hingga 70 dB, sedangkan suara yang sangat keras seperti pertunjukan musik *live* dapat mencapai hingga 120 dB. Dalam konteks perpustakaan, tingkat kebisingan ideal sebaiknya tidak melebihi 70 dB, karena suara yang melampaui angka tersebut berpotensi mengganggu kenyamanan para pengunjung (Pandanaran, 2021).



### 2.2.2 Sensor Suara



Gambar 2. 1 Sensor Suara MAX9814

Sensor MAX9814 merupakan modul mikrofon berteknologi tinggi yang telah dilengkapi dengan preamplifier serta fitur Automatic Gain Control (AGC). Mikrofon ini memanfaatkan teknologi electret condenser, yang dikenal memiliki sensitivitas tinggi terhadap suara di sekitarnya, sehingga sangat efektif untuk mendeteksi bunyi. Salah satu keunggulan utama dari MAX9814 adalah keberadaan fitur AGC, yang memungkinkan sensor menyesuaikan tingkat penguatan (gain) secara otomatis berdasarkan intensitas suara yang diterima. Dengan demikian, meskipun terjadi perubahan volume secara drastis, baik suara sangat lemah maupun sangat keras, sensor ini tetap mampu menghasilkan sinyal keluaran yang stabil dan konsisten.

Selain itu, MAX9814 dirancang dengan fitur bias mikrofon berisik rendah (low-noise microphone bias), yang membantu menghasilkan sinyal dengan tingkat gangguan (noise) yang minimal. Karakteristik ini menjadi sangat penting untuk aplikasi yang membutuhkan ketelitian tinggi, seperti sistem pemantauan kebisingan atau pengolahan sinyal audio. Modul ini juga menyediakan pilihan pengaturan untuk waktu attack dan release, yakni durasi respon sensor terhadap peningkatan atau penurunan suara yang mendadak. Melalui pengaturan ini, pengguna dapat menyesuaikan sensitivitas dan kecepatan respon sensor, baik untuk mendeteksi suara keras secara cepat maupun menghindari kesalahan deteksi dari suara pendek yang tidak signifikan (Wahyudi dkk., 2020).

### 2.2.3 Mikrokontroler ESP32



Gambar 2. 2 Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem mikroprosesor lengkap yang terintegrasi dalam satu chip. Sistem ini dilengkapi dengan kemampuan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, sehingga sangat cocok digunakan dalam berbagai aplikasi berbasis *Internet of Things (IoT)*. Salah satu jenis mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32, yang memiliki 38 pin, dilengkapi dengan *Digital-to-Analog Converter (DAC)*, *Analog-to-Digital Converter (ADC)*, serta konektivitas Wi-Fi bawaan. ESP32 dikenal unggul dalam hal pemrosesan data dan telah terbukti efektif digunakan dalam berbagai bidang, seperti sistem rumah pintar dan sistem monitoring (El-Khozondar dkk., 2024). Selain itu, mikrokontroler ini juga dapat diterapkan pada sistem deteksi kebisingan, karena kemampuannya menghubungkan sensor dengan jaringan internet melalui Wi-Fi. Dengan fitur tersebut, data yang ditangkap oleh sensor suara dapat dikirim secara langsung (*real-time*) ke platform *IoT* atau aplikasi web untuk dianalisis lebih lanjut, sekaligus memberikan notifikasi kepada pengelola perpustakaan (Ridho dkk., 2024).

### 2.2.4 Logika fuzzy

Logika *Fuzzy*, atau yang sering disebut juga sebagai Logika Kabur, merupakan suatu pendekatan matematika yang dirancang untuk mewakili dan menangani ketidakpastian serta ketidaktepatan informasi, khususnya dalam sistem yang kompleks atau tidak memiliki batasan yang tegas. Pendekatan ini digunakan untuk menggambarkan fenomena-fenomena yang tidak dapat dinyatakan secara mutlak, seperti dalam bentuk "benar atau salah" secara

langsung. Dalam logika *fuzzy*, suatu pernyataan atau kondisi dapat memiliki tingkat kebenaran dan kesalahan secara bersamaan, dengan besarnya ditentukan oleh derajat keanggotaan (*membership degree*) terhadap suatu himpunan *fuzzy*. Hal ini memungkinkan sistem untuk memodelkan realitas yang bersifat abu-abu atau tidak hitam-putih, sehingga memberikan hasil yang lebih kontekstual dan mendekati cara berpikir manusia (Sakinah dkk., 2020).

Berbeda dengan logika klasik yang hanya mengenal dua nilai pasti, yaitu 0 untuk salah dan 1 untuk benar, logika *fuzzy* menggunakan rentang nilai kontinu antara 0 hingga 1. Rentang ini merepresentasikan tingkat kepastian atau tingkat kebenaran relatif dari suatu kondisi. Misalnya, dalam logika *fuzzy*, suatu pernyataan tidak harus sepenuhnya benar atau sepenuhnya salah, melainkan bisa "cukup benar" dengan nilai keanggotaan 0,7 atau "agak salah" dengan nilai 0,3. Fleksibilitas ini menjadikan logika *fuzzy* sangat berguna dalam pengambilan keputusan di lingkungan yang dinamis, ambigu, atau tidak pasti, di mana metode logika biner tidak lagi memadai untuk menggambarkan kompleksitas situasi (Riansyah dkk., 2021)

#### **2.2.5 Monitoring *real-time***

Pemantauan secara *real-time* dalam sistem deteksi kebisingan ini dilakukan dengan memanfaatkan konektivitas nirkabel antara mikrokontroler ESP32 dan aplikasi Blynk *IoT*. Suara yang ditangkap oleh sensor MAX9814 akan langsung diproses oleh ESP32, lalu dikirim secara periodik melalui jaringan WiFi ke dashboard Blynk yang dapat diakses melalui perangkat smartphone. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk melihat tingkat kebisingan secara langsung melalui tampilan visual seperti gauge suara dalam satuan *desibel*, label kategori kebisingan berdasarkan klasifikasi logika *fuzzy*, serta indikator warna yang memberikan peringatan instan. Pendekatan ini memberikan kemudahan bagi pengguna untuk memperoleh informasi kebisingan secara akurat dan cepat, sehingga mempermudah pengawasan serta pengendalian agar suasana tetap tenang dan terkendali. Pemantauan secara *real-time* ini juga meningkatkan

keandalan sistem dalam implementasi di lingkungan nyata seperti perpustakaan, ruang belajar, atau tempat kerja yang memerlukan ketenangan.

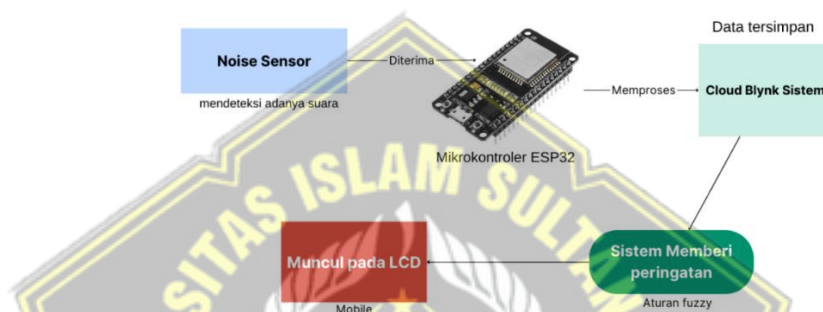
### 2.2.6 *Internet of Things (IoT)*

*Internet of Things (IoT)* merupakan suatu konsep teknologi yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet ke dalam berbagai objek fisik yang ada di dunia nyata. Konsep ini memungkinkan berbagai perangkat tidak hanya komputer atau smartphone untuk saling terhubung secara terus-menerus melalui jaringan internet, sehingga dapat saling berbagi data, dikendalikan dari jarak jauh, dan melakukan tugas secara otomatis (Hansza & Haryudo, 2020). Kehadiran *IoT* sangat memudahkan aktivitas manusia sehari-hari. Dengan kata lain, *IoT* berperan besar dalam meringankan beban kerja manusia dan meningkatkan efisiensi dalam berbagai aspek kehidupan (Susanto dkk., 2022).

Dalam konteks proyek deteksi kebisingan berbasis *IoT*, penggunaan Arduino IDE dan Blynk *IoT* Platform merupakan kombinasi solusi yang efektif, sederhana, serta fleksibel. Arduino IDE digunakan sebagai lingkungan pengembangan perangkat lunak utama untuk memprogram mikrokontroler seperti ESP32, yang berfungsi memproses data dari sensor suara (misalnya MAX9814), lalu mengirimkan data tersebut ke server berbasis *Cloud*. Sementara itu, Blynk menyediakan antarmuka pengguna yang dapat diakses melalui aplikasi seluler maupun web, memungkinkan pengguna untuk memantau data kebisingan secara *real-time*. Platform ini juga menyajikan data dalam bentuk visual seperti grafik atau indikator digital, serta dapat memberikan notifikasi otomatis apabila tingkat kebisingan melebihi ambang batas yang telah ditetapkan.

*IoT* bekerja dengan mengintegrasikan berbagai perangkat seperti sensor, mikrokontroler, dan unit pemroses data untuk membentuk sistem otomatis yang tidak membutuhkan pengoperasian manual secara langsung. Platform *IoT* seperti Blynk *IoT* berperan penting dalam mengelola data dari sensor suara. baik dalam hal pemantauan, analisis, maupun pengambilan keputusan secara *real-time*.

Sebagai contoh, dalam sistem deteksi kebisingan di perpustakaan, data yang ditangkap oleh sensor akan langsung dikirim ke dashboard *IoT* dan ditampilkan dalam bentuk visualisasi. Jika suara di ruangan melebihi batas yang telah ditentukan, sistem secara otomatis akan mengirimkan notifikasi kepada pengelola untuk segera mengambil tindakan. Dengan demikian, *IoT* tidak hanya mempercepat proses deteksi, tetapi juga memberikan solusi yang responsif dan efisien dalam menjaga ketenangan lingkungan.



Gambar 2. 3 rancangan sistem

Pada gambar 2.6 menggambarkan alur kerja sistem deteksi kebisingan yang dikembangkan oleh peneliti. Sistem ini diawali dengan sensor suara yang berfungsi untuk menangkap adanya kebisingan di sekitar. Data suara yang tertangkap kemudian dikirim ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses lebih lanjut. Mikrokontroler ini bertugas mengolah sinyal dan mengirimkan data tersebut ke platform cloud Blynk agar dapat disimpan dan diakses secara daring. Selanjutnya, data yang telah terkumpul dianalisis menggunakan sistem berbasis logika fuzzy, di mana data numerik dari sensor diubah menjadi kategori linguistik seperti “rendah”, “sedang”, atau “tinggi”. Berdasarkan kategori tersebut, sistem menjalankan proses inferensi fuzzy untuk menentukan tingkat peringatan yang sesuai. Hasil keputusan dari sistem kemudian dikonversikan kembali ke bentuk numerik melalui proses defuzzyfikasi. Tahap akhir dari sistem ini adalah menampilkan peringatan secara visual melalui layar LCD atau perangkat mobile, sebagai bentuk respons apabila tingkat kebisingan melebihi ambang batas yang telah ditentukan



## BAB III

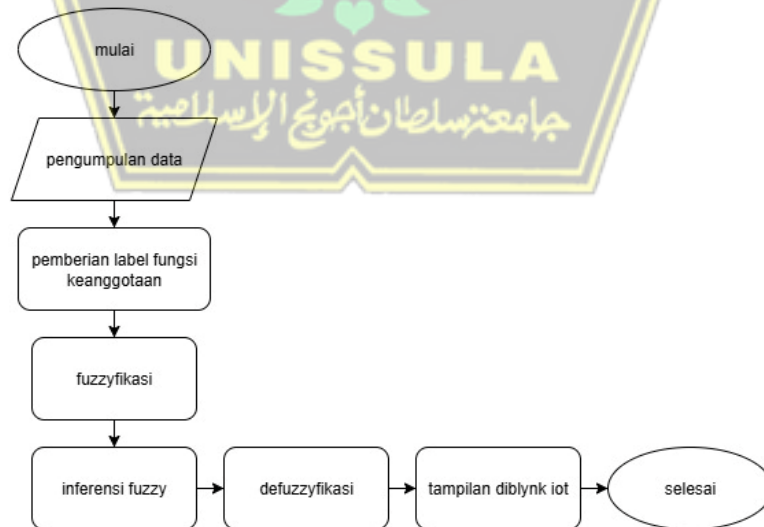
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Studi Literatur

Dalam pelaksanaan penelitian ini, Peneliti mengumpulkan berbagai sumber berupa e-book, artikel, jurnal, tesis, dan disertasi hasil penelitian terdahulu, serta beberapa situs di internet sebagai referensi untuk memahami dan mempelajari lebih dalam mengenai *Internet of Things (IoT)*, logika *fuzzy*, sensor suara MAX9814, mikrokontroler ESP32, serta platform Blynk. Seluruh referensi tersebut menjadi landasan dalam perancangan dan penerapan sistem deteksi kebisingan otomatis di dalam ruangan berbasis *IoT* menggunakan logika *fuzzy*, yang bertujuan untuk mendukung pengambilan keputusan secara cerdas berdasarkan kondisi lingkungan yang terukur.

#### 3.2 Rancang Alur Model

Dalam pembuatan Alat Deteksi Kebisingan Otomatis Di Sebuah Ruangan Berbasis *IoT* Menggunakan Logika *Fuzzy*, terdapat tahap perancangan alur model untuk mempermudah peneliti dalam melakukan pekerjaannya.



Gambar 3. 1 *Flowchart* alur model

Pada gambar 3.1 alur kerja sistem yang dikembangkan peneliti diawali dengan pengambilan data *primer* secara langsung dari lingkungan menggunakan sensor suara MAX9814 yang berfungsi mendeteksi intensitas kebisingan dalam bentuk tegangan analog. Tegangan ini kemudian dikonversi menjadi satuan desibel (dB) melalui proses *Analog-to-Digital Conversion (ADC)* pada mikrokontroler ESP32. Selain itu, dua parameter tambahan, yaitu luas ruangan ( $m^2$ ) dan jumlah orang di dalam ruangan, dimasukkan secara manual melalui aplikasi Blynk karena keduanya turut memengaruhi persepsi kebisingan. Data yang terkumpul selanjutnya diproses pada tahap *fuzzyfikasi*, yakni mengubah data numerik menjadi derajat keanggotaan *fuzzy* berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan dengan pembagian linguistik “rendah”, “sedang”, atau “tinggi” untuk masing-masing parameter. Proses berikutnya adalah inferensi *fuzzy* menggunakan metode *Mamdani* yang menerapkan 27 aturan (*Rule base*) mencakup seluruh kombinasi logis dari ketiga parameter input, masing-masing dengan tiga tingkatan keanggotaan. Aturan tersebut dirumuskan dalam bentuk logika linguistik IF-AND-THEN yang mengaitkan kombinasi kondisi input dengan kategori kebisingan seperti “Tenang”, “Normal”, “Bising”, atau “Sangat Bising”. Sebagai contoh, apabila intensitas suara tinggi, ukuran ruangan kecil, dan jumlah orang sedikit, maka sistem akan menetapkan kondisi tersebut sebagai “Sangat Bising”. Hasil inferensi yang masih dalam bentuk *fuzzy* kemudian melalui tahap *defuzzifikasi* untuk diubah menjadi nilai numerik (*crisp*) yang lebih mudah dipahami. Tahap akhir adalah mengirimkan hasil tersebut secara real-time ke aplikasi Blynk melalui koneksi WiFi untuk ditampilkan sebagai nilai dB dan kategori kebisingan, serta mengirimkan notifikasi otomatis jika tingkat kebisingan melebihi ambang batas yang telah ditetapkan. Beberapa aspek teknis seperti proses *ADC* dan klasifikasi linguistik tidak ditampilkan secara terpisah pada flowchart untuk menjaga kesederhanaan, namun tetap diuraikan pada penjelasan ini. Seluruh proses ini berlangsung secara berulang guna memastikan

sistem dapat merespons secara cepat, akurat, dan kontekstual terhadap perubahan kondisi lingkungan.

### 3.3.1 Perancangan sistem

Pada tahap perancangan sistem merupakan langkah awal yang krusial dalam pengembangan alat deteksi kebisingan otomatis berbasis *IoT* dan logika *fuzzy*. Proses ini melibatkan integrasi antara dua komponen utama, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Pada aspek perangkat keras, sistem menggunakan sensor suara MAX9814 untuk mendeteksi intensitas suara di sekitarnya. Sensor ini dipilih karena memiliki sensitivitas yang tinggi dan mampu merespons perubahan suara dengan baik. Sensor tersebut terhubung ke mikrokontroler ESP32, yang berfungsi sebagai pusat pengendali sistem. Keunggulan utama ESP32 adalah konektivitas WiFi, sehingga sangat mendukung implementasi berbasis *Internet of Things (IoT)*. Dari sisi perangkat lunak, ESP32 diprogram untuk membaca data suara secara terus menerus, mengolahnya dengan algoritma logika *fuzzy*, dan mengirimkan hasilnya ke aplikasi Blynk yang digunakan sebagai antarmuka pemantauan dan kontrol jarak jauh secara *real-time*. Selain data dari sensor, sistem juga menerima input manual dari pengguna berupa luas ruangan (dalam meter persegi) dan jumlah orang di dalam ruangan. Kedua data ini dimasukkan melalui antarmuka Blynk dan digunakan sebagai variabel tambahan yang memperkuat akurasi klasifikasi kebisingan, sehingga sistem dapat menyesuaikan diri dengan kondisi spesifik tiap ruangan.

Berbeda dari penelitian machine learning yang umumnya menggunakan data yang sudah ada, dalam proses deteksi kebisingan ini data dikumpulkan secara *real-time* melalui sensor MAX9814 yang mendeteksi intensitas suara di dalam ruangan dalam bentuk tegangan analog, lalu dikonversi menjadi satuan *desibel* melalui proses *Analog-to-Digital Conversion* oleh mikrokontroler ESP32. Selain itu, dua parameter tambahan, yakni luas ruangan dalam meter persegi dan jumlah orang di dalam ruangan dimasukkan secara manual oleh

pengguna melalui aplikasi Blynk sebagai input kontekstual yang memengaruhi interpretasi tingkat kebisingan. Semua data tersebut, yang meliputi tingkat kebisingan, luas ruangan, dan jumlah orang, menjadi input dalam sistem logika *fuzzy* untuk proses *inferensi*. Karena data diperoleh langsung dari sensor dan tidak tersimpan dalam bentuk dataset, setiap pembacaan merupakan data baru yang diproses secara *real-time*, memungkinkan sistem memberikan respons secara cepat dan akurat terhadap kondisi lingkungan yang sedang terjadi.

### 3.3.2 Membership function

Dalam sistem ini, variabel input seperti intensitas suara (dB), luas ruangan, dan jumlah pengunjung terlebih dahulu dipetakan ke dalam membership function, yang merepresentasikan tingkat keanggotaan pada kategori linguistik tertentu (Rendah, Sedang, Tinggi untuk suara) (Sempit, Sedang, Luas untuk ruangan) (serta Sedikit, Sedang, Banyak untuk jumlah orang)

#### A. Suara

Salah satu input utama dalam sistem deteksi kebisingan otomatis ini adalah suara, yang berperan sebagai parameter kunci dalam proses penilaian kondisi akustik suatu ruangan. Suara dipilih sebagai masukan utama karena merupakan indikator langsung yang mencerminkan tingkat kebisingan, sehingga sangat menentukan apakah suatu lingkungan dapat dikategorikan sebagai tenang, normal, atau bising. Intensitas suara yang ditangkap oleh sensor akan memberikan gambaran awal mengenai tingkat gangguan yang mungkin dirasakan oleh individu di dalam ruangan tersebut. Dalam sistem ini, data suara yang diterima akan diproses menggunakan logika *fuzzy*, dan diklasifikasikan ke dalam tiga tingkat keanggotaan *fuzzy*, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Pembagian ini memungkinkan sistem untuk menginterpretasikan intensitas suara secara lebih fleksibel, tidak hanya berdasarkan nilai mutlak desibel, tetapi juga dengan mempertimbangkan kontekstualisasi terhadap lingkungan. Dengan demikian, sistem tidak hanya mengenali suara secara kuantitatif, tetapi juga memberikan penilaian kualitatif yang dapat digunakan sebagai dasar

pengambilan keputusan dalam mendeteksi dan menanggapi kebisingan secara lebih manusiawi dan realistis.



Gambar 3. 2 Grafik intensitas suara

Rumus kurva rendah

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 60 \\ (x - 0)/(30 - 0); & 0 \leq x \leq 30 \\ (60 - x)/(30 - 60); & 30 \leq x \leq 60 \end{cases}$$

Rumus kurva sedang

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 30 \text{ atau } x \geq 85 \\ (x - 30)/(60 - 30); & 30 \leq x \leq 60 \\ (85 - x)/(85 - 60); & 60 \leq x \leq 85 \end{cases}$$

Rumus kurva tinggi

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 60 \text{ atau } x \geq 100 \\ (x - 60)/(80 - 60); & 60 \leq x \leq 80 \\ (100 - x)/(100 - 80); & 80 \leq x \leq 100 \end{cases}$$



## B. Luas Ruangan



Gambar 3. 3 Grafik luas ruangan

Gambar 3.3 yaitu Luas ruangan, merupakan salah satu parameter penting yang digunakan dalam sistem untuk menentukan keanggotaan tingkat kebisingan yang terdeteksi oleh alat pendeteksi berbasis logika *fuzzy*. Variabel ini memengaruhi hasil klasifikasi karena intensitas suara yang identik dapat menghasilkan persepsi kebisingan yang berbeda tergantung pada ukuran ruang tempat suara tersebut terdengar. Dengan kata lain, dua ruangan yang menerima suara dengan tingkat desibel yang sama bisa saja memiliki tingkat kebisingan yang berbeda karena volume ruang memengaruhi persebaran gelombang suara. Secara prinsip, tingkat kebisingan dapat dipahami sebagai perbandingan antara kekuatan suara dan luas area yang ditempati. Dalam ruangan yang lebih besar, gelombang suara akan tersebar lebih luas, sehingga densitas suara per satuan luas akan lebih rendah, yang menyebabkan suara terdengar tidak terlalu mengganggu. Sebaliknya, dalam ruangan kecil, suara dengan intensitas yang sama akan lebih terkonsentrasi, sehingga tingkat kebisingan yang dirasakan akan lebih tinggi. Dengan mempertimbangkan luas ruangan sebagai variabel input dalam sistem, proses klasifikasi menjadi lebih kontekstual dan realistis, karena sistem tidak hanya mengandalkan nilai desibel semata, tetapi juga memperhitungkan bagaimana lingkungan fisik memengaruhi persepsi kebisingan. Pendekatan ini

membuat sistem lebih adaptif dan akurat dalam memberikan penilaian terhadap kondisi akustik suatu ruang.

### C. Jumlah Orang



Gambar 3. 4 Grafik jumlah orang

Pada gambar 3.4 yang menunjukkan grafik jumlah orang dalam ruangan menjadi salah satu variabel penting yang digunakan sebagai parameter dalam menentukan keanggotaan tingkat kebisingan yang dihitung oleh sistem pendeteksi berbasis logika *fuzzy*. Faktor ini sangat berpengaruh terhadap hasil klasifikasi karena intensitas suara yang sama dapat menghasilkan persepsi kebisingan yang berbeda, tergantung pada seberapa banyak orang berada di dalam ruangan. Dalam konteks ini, kebisingan tidak hanya dipengaruhi oleh kekuatan suara itu sendiri, tetapi juga oleh cara distribusi suara tersebar di antara individu yang ada dalam suatu ruang. Secara prinsip, semakin banyak orang yang berada dalam ruangan, maka gelombang suara akan tersebar ke lebih banyak titik, sehingga intensitas suara yang diterima oleh masing-masing individu cenderung lebih terdispersi dan tidak terlalu mengganggu. Sebaliknya, dalam kondisi di mana hanya terdapat sedikit orang, suara akan lebih terfokus dan terkonsentrasi, menyebabkan setiap individu menerima intensitas suara yang lebih tinggi, sehingga tingkat kebisingan yang dirasakan pun meningkat. Dengan mempertimbangkan jumlah orang sebagai salah satu parameter input, sistem menjadi lebih kontekstual dan realistis dalam menilai

kondisi kebisingan. Variabel ini memberikan kemampuan tambahan bagi sistem untuk menyesuaikan klasifikasi berdasarkan dinamika sosial dalam ruangan, sehingga hasil klasifikasi yang diberikan tidak bersifat kaku atau absolut. Dalam pendekatan logika *fuzzy*, variabel jumlah orang membantu sistem untuk melakukan analisis multidimensi, di mana klasifikasi kebisingan tidak hanya berdasar pada data fisik semata (seperti desibel), tetapi juga memperhitungkan pengaruh lingkungan sosial terhadap persepsi kebisingan. Oleh karena itu, parameter ini sangat esensial dalam menjadikan sistem lebih adaptif, akurat, dan relevan terhadap kondisi nyata.

### 3.3.3 Inferensi Fuzzy

Proses inferensi fuzzy dalam penelitian ini dilakukan dengan metode Mamdani menggunakan operator MIN-MAX, di mana tahap evaluasi premis menghitung  $\alpha$ -predikat melalui pengambilan nilai terkecil dari derajat keanggotaan input, kemudian hasil tersebut digunakan untuk melakukan implikasi dengan memotong fungsi keanggotaan output sesuai kekuatan aturan, seluruh konsekuen aturan yang aktif digabungkan dengan operator MAX sehingga membentuk kurva fuzzy gabungan, dan pada tahap akhir hasil ini ditransformasikan menggunakan metode defuzzyfikasi centroid sehingga menghasilkan nilai crisp berupa skor kebisingan yang selanjutnya dipetakan ke dalam kategori linguistik Tenang, Normal, Bising, maupun Sangat Bising.

### 3.3.4 Rule Base

*Rule base* berfungsi sebagai inti dari proses penentuan tingkat kebisingan dengan memperhitungkan kombinasi dari tiga parameter input utama, yaitu intensitas suara, ukuran atau luas ruangan, serta jumlah orang yang berada di dalam ruangan tersebut. Dalam sistem berbasis logika *fuzzy*, *Rule base* memegang peran yang sangat vital karena menjadi acuan utama dalam pengambilan keputusan secara cerdas.

Setiap variasi kombinasi dari ketiga variabel ini akan menghasilkan output tingkat kebisingan yang berbeda, sesuai dengan konteks situasi aktual. Sebagai

ilustrasi, suara yang sangat keras dalam sebuah ruangan kecil yang hanya ditempati oleh beberapa orang bisa menghasilkan kebisingan tinggi, sementara intensitas suara yang sama di ruangan yang lebih luas dengan kapasitas orang lebih banyak bisa saja memiliki efek kebisingan yang lebih rendah karena penyebaran suara yang lebih merata.

*Rule base* dalam sistem ini dirancang secara sistematis berdasarkan hasil pengamatan empiris dan analisis logis terhadap kondisi nyata di lapangan. Aturan *fuzzy* yang diterapkan disusun dengan pendekatan metode *Mamdani*, yang memungkinkan sistem memperhitungkan derajat keanggotaan (*membership degree*) dari masing-masing input. Dengan demikian, sistem tidak hanya mengandalkan keputusan deterministik, tetapi mampu menyesuaikan diri terhadap berbagai kemungkinan kondisi lingkungan yang kompleks.

Ketelitian dalam menyusun aturan-aturan ini sangat menentukan tingkat akurasi dan keandalan sistem dalam mengklasifikasikan kebisingan secara dinamis. *Rule base* juga memberikan fleksibilitas dalam menghadapi variasi kondisi karena seluruh input diproses dalam kerangka logika yang toleran terhadap ketidakpastian. Melalui pendekatan ini, sistem dapat menilai kondisi lingkungan secara holistik, bukan hanya berdasarkan satu variabel saja, melainkan seluruh kombinasi faktor yang relevan.

Adapun berikut ini adalah representasi tabel *Rule base fuzzy Mamdani* yang digunakan dalam sistem, berdasarkan tiga variabel input dan satu variabel output yang merepresentasikan tingkat kebisingan.

Tabel 3. 1 *Rule base fuzzy Mamdani*

| No | Suara  | Ruangan | Orang   | Output        |
|----|--------|---------|---------|---------------|
| 1  | Rendah | Sempit  | Sedikit | Tenang        |
| 2  | Rendah | Sempit  | Sedang  | Tenang        |
| 3  | Rendah | Sempit  | Banyak  | Normal        |
| 4  | Rendah | Sedang  | Sedikit | Tenang        |
| 5  | Rendah | Sedang  | Sedang  | Normal        |
| 6  | Rendah | Sedang  | Banyak  | Normal        |
| 7  | Rendah | Luas    | Sedikit | Tenang        |
| 8  | Rendah | Luas    | Sedang  | Normal        |
| 9  | Rendah | Luas    | Banyak  | Normal        |
| 10 | Sedang | Sempit  | Sedikit | Bising        |
| 11 | Sedang | Sempit  | Sedang  | Bising        |
| 12 | Sedang | Sempit  | Banyak  | Sangat Bising |
| 13 | Sedang | Sedang  | Sedikit | Normal        |
| 14 | Sedang | Sedang  | Sedang  | Bising        |
| 15 | Sedang | Sedang  | Banyak  | Bising        |
| 16 | Sedang | Luas    | Sedikit | Normal        |
| 17 | Sedang | Luas    | Sedang  | Normal        |
| 18 | Sedang | Luas    | Banyak  | Bising        |
| 19 | Tinggi | Sempit  | Sedikit | Bising        |
| 20 | Tinggi | Sempit  | Sedang  | Sangat Bising |
| 21 | Tinggi | Sempit  | Banyak  | Sangat Bising |
| 22 | Tinggi | Sedang  | Sedikit | Bising        |
| 23 | Tinggi | Sedang  | Sedang  | Bising        |
| 24 | Tinggi | Sedang  | Banyak  | Sangat Bising |
| 25 | Tinggi | Luas    | Sedikit | Normal        |
| 26 | Tinggi | Luas    | Sedang  | Bising        |
| 27 | Tinggi | Luas    | Banyak  | Bising        |

Berdasarkan tabel 3.1 menunjukkan hasil kombinasi dari tiga variabel input *fuzzy*, yaitu intensitas suara, luas ruangan, dan jumlah orang di dalam ruangan,



sistem ini membentuk sekumpulan aturan *fuzzy* (*Rule base*) yang merepresentasikan hubungan logis dan kontekstual di antara ketiga parameter tersebut. Aturan-aturan ini dirumuskan dalam bentuk pernyataan linguistik IF...AND...THEN, yang menjadi fondasi utama dalam proses *inferensi* menggunakan metode *fuzzy Mamdani*. Setiap aturan yang dirancang mencerminkan berbagai kondisi nyata yang mungkin ditemui dalam lingkungan sesungguhnya, sehingga sistem dapat merespons secara tepat sesuai dengan konteks situasi yang terjadi.

Sebagai contoh, ketika tingkat suara terdeteksi tinggi, ruangan tergolong sempit, dan hanya terdapat sedikit orang, maka sistem akan mengklasifikasikan kondisi tersebut sebagai “Sangat Bising” karena suara cenderung terdengar lebih dominan dan intens dalam ruang terbatas. Sebaliknya, jika intensitas suara tetap tinggi namun terjadi di ruangan yang luas dengan jumlah orang yang banyak, maka sistem mengkategorikan situasi tersebut sebagai “Normal”, karena distribusi suara menjadi lebih merata dan tidak terlalu mengganggu. Ini menunjukkan bahwa sistem tidak bersifat kaku atau sepihak dalam menilai kebisingan hanya dari satu aspek (misalnya *desibel*), tetapi justru mempertimbangkan kondisi lingkungan secara holistik.

Beberapa contoh aturan logika *fuzzy* yang digunakan dalam sistem meliputi:

- a) IF intensitas suara tinggi AND ruangan sempit AND jumlah orang sedikit THEN tingkat kebisingan adalah Sangat Bising
- b) IF intensitas suara tinggi AND ruangan luas AND jumlah orang banyak THEN tingkat kebisingan adalah Normal
- c) IF intensitas suara rendah AND ruangan sedang AND jumlah orang sedikit THEN tingkat kebisingan adalah Tenang
- d) IF intensitas suara sedang AND ruangan sempit AND jumlah orang banyak THEN tingkat kebisingan adalah Sangat Bising

e) IF intensitas suara sedang AND ruangan sedang AND jumlah orang sedang THEN tingkat kebisingan adalah Bising  
dan berbagai kemungkinan kombinasi lainnya yang dirancang untuk mencakup *skenario* beragam.

Setelah melalui proses *inferensi* menggunakan metode *fuzzy*, sistem kemudin menghitung skor kebisingan sebagai representasi numerik dari hasil klasifikasi linguistik. Skor ini selanjutnya dipetakan ke dalam empat kategori deskriptif berdasarkan rentang nilai tertentu, yakni:

- a) Skor  $0 - <35$  diklasifikasikan sebagai Tenang,
- b) Skor  $35 - <65$  sebagai Normal,
- c) Skor  $65 - <80$  sebagai Bising, dan
- d) Skor  $\geq 80$  sebagai Sangat Bising.

Dengan pendekatan ini, sistem memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan tingkat kebisingan secara adaptif, tidak hanya berdasarkan tingkat suara yang terukur, tetapi juga berdasarkan konteks lingkungan seperti ukuran ruangan dan kepadatan orang. Hal ini memungkinkan sistem untuk bekerja lebih fleksibel dan manusiawi, serta memberikan hasil klasifikasi yang akurat dan relevan dalam berbagai situasi nyata.

### 3.3.5 Defuzzyfikasi

*Defuzzyfikasi* merupakan proses terakhir dalam sistem logika *fuzzy* yang berfungsi untuk mengkonversi hasil *inferensi* berupa nilai linguistik atau derajat keanggotaan menjadi output dalam bentuk nilai pasti (*crisp value*). Tahapan ini sangat penting karena output dari sistem *fuzzy* perlu diterjemahkan ke dalam bentuk yang dapat dipahami dan dimanfaatkan dalam pengambilan keputusan nyata. Nilai *crisp* yang dihasilkan dari proses *defuzzyfikasi* akan memberikan angka tunggal yang merepresentasikan tingkat kebisingan sesuai dengan kondisi lingkungan yang telah dianalisis.

Tabel 3. 2 Hasil *defuzzyfikasi* tingkat kebisingan

| Suara (dB) | Ukuran Ruangan (m <sup>2</sup> ) | Jumlah Orang | Output Kebisingan | Nilai Kebisingan ( <i>Defuzzyfikasi</i> ) |
|------------|----------------------------------|--------------|-------------------|-------------------------------------------|
| 58         | 15                               | 3            | Normal            | 58.33                                     |
| 49         | 10                               | 1            | Normal            | 54.7                                      |
| 90         | 15                               | 2            | Bising            | 73.3                                      |
| 60         | 13                               | 2            | Normal            | 51.4                                      |
| 71         | 12                               | 1            | Normal            | 58.2                                      |
| 63         | 14                               | 2            | Normal            | 53.2                                      |
| 55         | 16                               | 3            | Normal            | 51.71                                     |
| 49.2       | 16                               | 3            | Normal            | 47.31                                     |
| 86         | 13                               | 2            | Sangat Bising     | 80.02                                     |
| 76         | 13                               | 2            | Bising            | 76.81                                     |
| 79         | 15                               | 5            | Normal            | 63.4                                      |
| 56         | 15                               | 5            | Normal            | 49.2                                      |
| 84         | 15                               | 2            | Bising            | 67.5                                      |
| 48         | 13                               | 4            | Normal            | 40.6                                      |

Berdasarkan tabel 3.2 menunjukkan hasil *defuzzyfikasi* menunjukkan bahwa nilai tingkat kebisingan berada dalam rentang 40.6 hingga 80.02, Nilai tertinggi yaitu 80.02 pada kondisi dengan suara tinggi (85–90 dB), ruangan berukuran sempit (10–20 m<sup>2</sup>), dan jumlah orang sedikit (2 orang), sehingga diklasifikasikan sebagai kategori "Sangat Bising" sesuai dengan rentang nilai 80–100. Sebaliknya, nilai terendah sebesar 40.6 diperoleh ketika tingkat suara rendah (48 dB), ruangan berukuran sempit (13 m<sup>2</sup>), dan jumlah orang sedikit (4 orang), sehingga dikategorikan sebagai "Normal" berdasarkan rentang 35–60. Nilai-nilai *defuzzyfikasi* lainnya seperti 47.31, 49.2, dan 67.5 mencerminkan berbagai kondisi lingkungan dengan kategori kebisingan berbeda, yaitu Rendah, Sedang, dan Bising, tergantung pada kombinasi antara intensitas suara, ukuran ruangan, dan jumlah orang di dalamnya. Hal ini menunjukkan

bahwa logika *fuzzy* dapat mengakomodasi variasi kondisi secara fleksibel dan menyerupai cara manusia menilai situasi.

Sebagai contoh studi kasus, diberikan input berupa intensitas kebisingan sebesar 70 dB, ukuran ruangan 14 m<sup>2</sup>, dan jumlah orang sebanyak 2. Dari kondisi ini, terdapat dua aturan *fuzzy* utama yang aktif. Aturan pertama menghasilkan output "sedang" dengan nilai  $\alpha = 0,6$  dan aturan kedua menghasilkan output "Tinggi" dengan nilai  $\alpha = 0,25$ .

Kebisingan (70dB) termasuk kedalam fungsi keanggotaan sedang (30 - 85) dan tinggi (60 - 100), maka nilai yang didapat yaitu  $(\mu)_{\text{sedang}} = (85 - 70)/(85 - 60) = 15/25 = 0.6$  dan  $(\mu)_{\text{tinggi}} = (70 - 60)/(100 - 60) = 10/40 = 0.25$

Luas ruangan (14m<sup>2</sup>) termasuk kedalam fungsi keanggotaan sempit (10-20), maka  $(\mu)_{\text{sempit}} = (20-14)/(20-13) = 6/7 = 0.8$

Jumlah orang (2) termasuk kedalam fungsi keanggotaan sedikit (1-5), maka  $(\mu)_{\text{sedikit}} = (5-2)/(5-1) = 3/4 = 0.75$

Aturan 1: IF kebisingan sedang AND ruangan sempit AND orang sedikit THEN output bising  $\alpha_1 = \min(0.6, 0.8, 0.75) = 0.6$

Aturan 2: IF kebisingan tinggi AND ruangan sempit AND orang sedikit THEN output sangat bising  $\alpha_2 = \min(0.25, 0.8, 0.75) = 0.25$

Selanjutnya dilakukan proses fuzzifikasi untuk menentukan tingkat keanggotaan masing-masing input terhadap himpunan *fuzzy* yang relevan. Berdasarkan metode *inferensi Mamdani* dengan pendekatan logika IF-THEN, diperoleh dua aturan dominan yang aktif: satu menghasilkan output "sedang" dengan nilai  $\alpha = 0,6$  dan satu lagi menuju output "bising" dengan nilai  $\alpha = 0,25$ . Selanjutnya, dilakukan proses *defuzzyfikasi* menggunakan metode Centroid (Center of Gravity) dengan rumus  $z = \frac{\sum(\alpha_i \cdot z_i)}{\sum \alpha_i}$

$\alpha_i$  = nilai kekuatan aturan ke-i (nilai minimum dari fuzzifikasi)

$z_i$  = nilai representatif dari output *fuzzy*

Dengan nilai Representatif Output:

Bising = 72.5 (rata-rata dari 65–80) dan Sangat Bising = 90 (rata-rata dari 80–100)

$$\text{Maka } z = \frac{(\alpha_1 \cdot z_1) + (\alpha_2 \cdot z_2)}{\alpha_1 + \alpha_2}$$

$$z = \frac{(0.6 \cdot 72.5) + (0.25 \cdot 90)}{0.6 + 0.25} = \frac{43.5 + 22.5}{0.85} = \frac{66}{0.85} = 77.65$$

Hasil perhitungan yang telah dikoreksi memberikan nilai output sebesar 77.65, yang tetap termasuk dalam kategori bising (rentang 65-80), namun lebih mendekati batas atas kategori tersebut. Perbedaan hasil ini menunjukkan pentingnya akurasi dalam perhitungan nilai keanggotaan fuzzy, karena setiap perubahan nilai dapat mempengaruhi hasil akhir defuzzifikasi. Dengan perhitungan yang lebih akurat, kondisi ruangan dengan intensitas kebisingan 70 dB, ukuran 14 m<sup>2</sup>, dan 2 orang menghasilkan tingkat kebisingan 77.65 yang masih dalam kategori bising namun sangat mendekati kategori sangat bising (80-100). Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi faktor-faktor tersebut menciptakan kondisi akustik yang cukup tidak nyaman.

### 3.3.6 Praproses data

Data yang diperoleh dari sensor dan input manual tidak dapat langsung digunakan dalam sistem logika fuzzy. Diperlukan proses pra-pemrosesan (preprocessing) untuk meningkatkan keakuratan, kestabilan, dan keandalan data yang masuk ke sistem. Langkah-langkah pra-pemrosesan meliputi:

- a. Kalibrasi ADC ke dB: Mengonversi nilai tegangan dari sensor ke satuan *desibel* menggunakan rumus linier berdasarkan karakteristik sensor MAX9814.
- b. Normalisasi Data: Menggunakan fungsi pembatas seperti `constrain()` untuk menjaga nilai dalam rentang yang ditentukan dan menghindari overflow/underflow pada saat pemrosesan fuzzy.
- c. Transformasi Linguistik: Mengelompokkan nilai luas ruangan dan jumlah orang ke dalam kategori linguistik seperti:  
Luas ruangan: Sempit, Sedang, Luas



Jumlah orang: Sedikit, Sedang, Banyak

Tahap ini menghasilkan data yang telah terstruktur dan siap digunakan dalam proses *inferensi* oleh sistem logika *fuzzy*.

### 3.3.7 Simulasi dan Pengujian

Tahap simulasi dan pengujian merupakan langkah krusial yang dilakukan untuk memastikan bahwa sistem deteksi kebisingan otomatis berbasis *Iot* yang telah dirancang mampu berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan serta menunjukkan kinerja optimal dalam berbagai kondisi lingkungan nyata. Pengujian ini dilakukan secara eksperimental, melalui beragam skenario yang disusun secara sistematis untuk merepresentasikan berbagai situasi yang mungkin terjadi dalam penggunaan sebenarnya. Skenario pengujian mencakup variasi jumlah orang di dalam ruangan mulai dari kondisi kosong, separuh kapasitas, hingga penuh kemudian perbedaan ukuran ruangan (kecil, sedang, dan besar), serta beragam jenis sumber suara, seperti percakapan sehari-hari, pemutaran musik, suara mesin, hingga suara keras yang tiba-tiba (seperti teriakan atau lainnya). Selama proses pengujian, diamati secara cermat bagaimana sistem mendeteksi dan mengklasifikasikan tingkat kebisingan berdasarkan tiga parameter utama, yaitu intensitas suara (dalam desibel), luas ruangan, dan jumlah orang yang berada di dalam ruangan. Penekanan diberikan pada konsistensi keluaran sistem *fuzzy*, baik dalam kondisi standar maupun pada saat terjadi perubahan mendadak pada salah satu atau lebih parameter input. Sistem diuji untuk melihat apakah mampu menghasilkan output yang logis, stabil, dan sesuai konteks, serta apakah klasifikasi kebisingan dapat diberikan secara tepat tanpa mengalami kesalahan logika atau kegagalan dalam interpretasi *fuzzy*. Aspek penting lainnya yang turut diuji adalah waktu respons sistem, yaitu interval antara saat sensor membaca data hingga hasil klasifikasi ditampilkan di aplikasi Blynk *Iot*. Hal ini dilakukan untuk memastikan sistem benar-benar bekerja secara real-time, dengan *latency* yang rendah atau nyaris tanpa jeda, sehingga pengguna mendapatkan informasi kebisingan yang akurat secara langsung. Selain itu,

dilakukan evaluasi terhadap stabilitas koneksi *Iot*, terutama menyangkut kelancaran dalam proses pengiriman data melalui jaringan WiFi. Dalam pengujian ini juga disimulasikan gangguan jaringan untuk menilai sejauh mana sistem tetap dapat bekerja secara andal di bawah kondisi sinyal tidak stabil atau terputus sementara. Untuk menilai reliabilitas sistem, dilakukan uji pengulangan (*repeatability test*), yaitu dengan menjalankan sistem dalam skenario yang sama secara berulang untuk melihat konsistensi hasil klasifikasi. Sementara itu, uji toleransi batas (*boundary test*) digunakan untuk mengamati respons sistem ketika menerima input ekstrem atau kondisi di luar batas normal, misalnya suara sangat pelan dalam ruangan besar, atau suara keras dalam ruangan yang sangat sempit dan padat. Tujuan dari pengujian ini adalah memastikan bahwa sistem tetap mampu memberikan hasil yang masuk akal meskipun menghadapi kondisi yang tidak umum. Seluruh proses pengujian didokumentasikan secara sistematis dan rinci, mulai dari log data hasil pembacaan sensor, tangkapan layar (*screenshot*) dari tampilan aplikasi Blynk, hingga catatan observasi lapangan selama pelaksanaan simulasi. Data ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk analisis lanjutan pada tahap evaluasi, guna mengukur performa keseluruhan sistem serta mengidentifikasi potensi perbaikan di masa mendatang.

#### **3.3.8 Analisis**

Tahap analisis merupakan proses penting dalam menilai kinerja keseluruhan sistem, yang dilakukan secara komprehensif berdasarkan hasil simulasi dan pengujian yang telah dilakukan sebelumnya. Tujuan utama dari tahapan ini adalah untuk mengukur sejauh mana sistem mampu mendeteksi kebisingan secara akurat, cepat, dan andal, serta menilai konsistensinya dalam berbagai skenario penggunaan.

#### **3.3.9 Evaluasi**

Evaluasi dimulai dengan menghitung tingkat akurasi sistem, yaitu melalui perbandingan antara hasil klasifikasi *fuzzy* yang dihasilkan sistem dengan kondisi kebisingan nyata di lingkungan pengujian. Selain itu, sistem juga dianalisis dari

segi presisi, yakni kemampuannya dalam merespons perubahan kecil pada parameter input (seperti intensitas suara, luas ruangan, atau jumlah orang) tanpa menghasilkan klasifikasi yang terlalu umum atau tidak sesuai konteks. Hal ini penting untuk memastikan bahwa sistem tidak hanya memberikan output yang akurat secara statistik, tetapi juga relevan secara kontekstual. Selanjutnya, dilakukan pengukuran terhadap waktu respons (*latency*), yaitu lamanya waktu dari saat data dibaca oleh sensor hingga hasil klasifikasi ditampilkan pada antarmuka aplikasi Blynk. Ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa sistem mampu memberikan umpan balik secara real-time, yang merupakan salah satu keunggulan dari sistem berbasis *Iot*. Stabilitas sistem juga diuji dengan menjalankan perangkat secara berkelanjutan dalam durasi tertentu untuk mengetahui apakah sistem dapat bertahan tanpa mengalami error, crash, atau penurunan performa akibat beban kerja jangka panjang. Dari aspek antarmuka pengguna, dilakukan pengamatan terhadap kemudahan penggunaan dan kenyamanan saat pengguna berinteraksi dengan aplikasi Blynk. Penilaian difokuskan pada seberapa intuitif tampilan antarmuka dalam memasukkan data input serta dalam menyajikan hasil klasifikasi kebisingan dalam bentuk visual yang mudah dipahami. Di samping itu, evaluasi juga mencakup efisiensi konsumsi energi, terutama dengan mengukur seberapa besar daya listrik yang digunakan mikrokontroler ESP32 saat sistem dijalankan secara terus-menerus. Hal ini penting agar sistem dapat diimplementasikan pada lingkungan dengan keterbatasan daya, seperti perangkat portabel atau sistem tenaga rendah. Sepanjang proses evaluasi, setiap temuan terhadap kelemahan teknis, anomali hasil, atau ketidaksesuaian fungsi sistem dicatat secara detail dan dianalisis lebih lanjut. Berdasarkan temuan tersebut, disusun solusi jangka pendek untuk perbaikan langsung, serta rekomendasi pengembangan jangka panjang yang meliputi penyempurnaan aturan *fuzzy (Rule base)*, penyesuaian fungsi keanggotaan, serta peningkatan pada aspek jaringan komunikasi dan antarmuka pengguna. Dari hasil evaluasi menyeluruh ini, dapat disimpulkan apakah sistem

deteksi kebisingan otomatis berbasis *Iot* dan logika *fuzzy* yang telah dikembangkan benar-benar memenuhi tujuan penelitian, baik dari sisi fungsionalitas, akurasi, dan kebermanfaatan, serta apakah sistem tersebut memiliki potensi untuk diimplementasikan secara nyata dan dikembangkan lebih lanjut pada skala yang lebih luas di masa mendatang.

Pada tahap evaluasi ini, peneliti memanfaatkan *MAE* (*Mean Absolute Error*) sebagai ukuran utama untuk menilai kinerja sistem. *MAE* berfungsi menghitung rata-rata selisih absolut antara hasil pengukuran kebisingan oleh sistem (sensor MAX9814) dengan nilai pengukuran acuan yang diperoleh dari sound level meter GM1352. Metrik ini dipilih karena sistem menghasilkan data numerik kontinu dalam satuan desibel (dB), sehingga dapat secara langsung membandingkan ketepatan hasilnya terhadap nilai sebenarnya.

$$\text{Rumus MAE} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i|$$

Keterangan :

$N$  = jumlah sampel uji

$y_i$  = nilai dB acuan (GM1352) pada sampel ke- $i$

$\hat{y}_i$  = nilai dB hasil pengukuran sistem pada sampel ke- $i$

$|y_i - \hat{y}_i|$  = selisih absolut antara nilai acuan dan sistem

## BAB IV

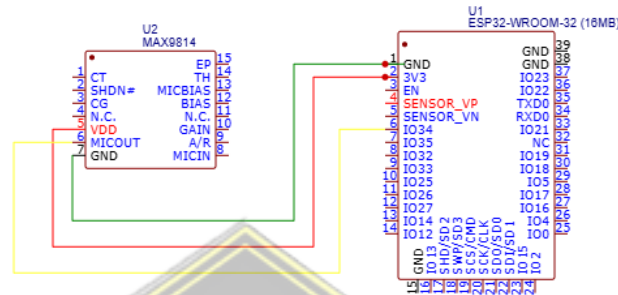
### HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

#### 4.1 Hasil

Hasil dari pengembangan alat deteksi kebisingan otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* dalam penelitian ini menunjukkan bahwa sistem berhasil dibuat dan diuji secara fungsional dengan baik. Sistem ini dirancang dengan mengintegrasikan komponen perangkat keras dan perangkat lunak. Di sisi perangkat keras, digunakan sensor suara MAX9814 yang sangat sensitif terhadap variasi suara, dan mikrokontroler ESP32 yang mendukung pengolahan data serta konektivitas WiFi. Untuk perangkat lunaknya, sistem menggunakan pemrograman berbasis logika *fuzzy* dan dihubungkan dengan antarmuka aplikasi Blynk sebagai platform pemantauan *IoT*. Seluruh elemen dalam sistem ini telah dirakit, diprogram, dan diuji dalam kondisi sebenarnya guna memastikan bahwa setiap komponen berfungsi sesuai dengan perancangan dan tujuan dari sistem. Proses perancangan diawali dengan pembuatan skematik rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai dasar untuk menghubungkan sensor dengan mikrokontroler. Sensor MAX9814 dipilih karena kemampuannya dalam menangkap suara secara akurat dan konsisten, serta mampu mengubah suara analog menjadi sinyal tegangan yang dapat dibaca oleh pin ADC (Analog to Digital Converter) pada ESP32. Sementara itu, mikrokontroler ESP32 dipilih karena memiliki fitur dual-core, kinerja pemrosesan yang tinggi, serta konektivitas WiFi bawaan yang menjadikannya sangat ideal untuk sistem berbasis *IoT*. Mikrokontroler ini diprogram agar dapat membaca data suara secara terus-menerus, memproses data tersebut menggunakan metode logika *fuzzy Mamdani*, dan kemudian mengirimkan hasil klasifikasinya ke aplikasi Blynk secara *real-time*. Untuk mendukung validasi implementasi sistem, disediakan dokumentasi berupa skematik koneksi rangkaian, bentuk fisik dari perangkat keras yang digunakan, serta tampilan antarmuka pengguna pada



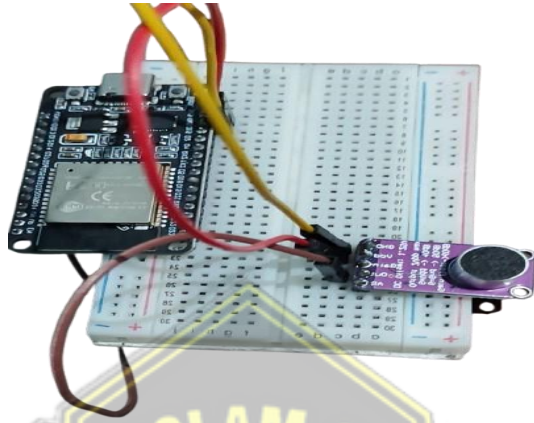
aplikasi Blynk yang menunjukkan hasil deteksi kebisingan secara langsung. Dokumentasi ini menjadi bukti bahwa sistem telah diimplementasikan dan berjalan sesuai dengan yang direncanakan.



Gambar 4. 1 Skematik rangkaian alat

Gambar 4.1 menampilkan diagram skematik koneksi antara sensor suara MAX9814 dan mikrokontroler ESP32, yang dirancang menggunakan platform desain rangkaian elektronik EasyEDA. Dalam skema tersebut, sensor suara memiliki tiga jalur koneksi utama, yaitu VCC, GND, dan OUT. Jalur VCC dihubungkan ke pin 3.3V pada ESP32 untuk memberikan tegangan suplai yang sesuai dengan kebutuhan sensor. Jalur GND disambungkan ke pin ground sebagai referensi tegangan listrik. Sementara itu, jalur OUT dihubungkan ke pin IO34 pada ESP32, yang berperan sebagai input analog (ADC) untuk membaca sinyal tegangan yang dihasilkan oleh sensor berdasarkan intensitas suara yang terdeteksi. Rangkaian koneksi ini dirancang agar sistem dapat secara langsung dan akurat menangkap fluktuasi suara dari lingkungan sekitar, serta meneruskannya ke mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut. Dengan pengaturan ini, sistem dapat memantau perubahan tingkat kebisingan secara *real-*

*time*, memberikan respons cepat terhadap kondisi lingkungan, dan menjadi bagian penting dalam implementasi sistem deteksi kebisingan berbasis *IoT*.



Gambar 4. 2 Alat fiisk deteksi kebisingan

Gambar 4.2 memperlihatkan bentuk fisik dari alat deteksi kebisingan yang telah dirakit menggunakan papan breadboard sebagai media penyusunnya. Perangkat keras utama terdiri dari modul mikrokontroler ESP32, sensor suara MAX9814, sejumlah kabel jumper untuk koneksi antar komponen, serta sumber daya yang disuplai melalui koneksi USB. Penempatan sensor dirancang pada area terbuka agar dapat menangkap suara dari lingkungan sekitar secara optimal tanpa hambatan fisik yang menghalangi. Modul ESP32 berfungsi untuk memproses data yang diterima dari sensor dan mengirimkannya secara langsung ke platform pemantauan melalui koneksi WiFi. Rangkaian ini disusun dengan desain ringkas dan modular, yang bertujuan untuk mempermudah proses pengujian sistem serta memudahkan pengguna dalam memantau koneksi dan fungsi komponen secara visual. Hasil dari proses perakitan menunjukkan bahwa seluruh komponen mampu bekerja secara terintegrasi dan sesuai dengan desain yang telah dirancang sebelumnya. Ini menandakan bahwa sistem deteksi kebisingan yang dikembangkan tidak hanya berhasil di tahap perancangan, tetapi juga berhasil direalisasikan secara fungsional di lapangan.

Setelah dilakukan analisis terhadap hasil klasifikasi yang dihasilkan oleh sistem, tahapan berikutnya adalah menyertakan data pembacaan sensor yang

diperoleh melalui Arduino IDE sebagai bagian dari dokumentasi teknis dalam penelitian ini. Data tersebut merupakan bukti nyata bahwa sensor telah berhasil mendeteksi dan mengukur tingkat intensitas suara di lingkungan sekitar. Nilai-nilai yang terbaca ini sangat penting karena menjadi input utama dalam sistem, yang selanjutnya akan diproses menggunakan logika *fuzzy* oleh mikrokontroler ESP32. Dengan adanya data ini, seluruh proses deteksi dimulai dari pengambilan data suara, interpretasi melalui logika *fuzzy*, hingga pengiriman hasil ke aplikasi Blynk *IoT* dapat dibuktikan secara terstruktur dan mendetail, sehingga memperkuat keandalan serta validitas sistem yang dikembangkan.

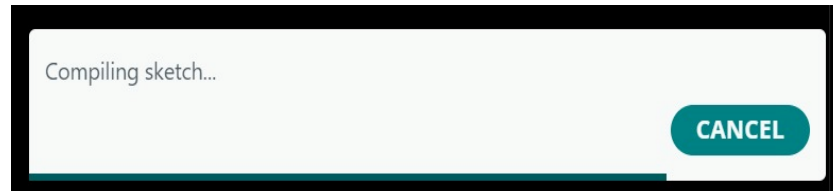
```
int getOutputScore(String output) {
    if (output == "Tenang") return 20;
    if (output == "Normal") return 50;
    if (output == "Bising") return 75;
    if (output == "Sangat Bising") return 100;
    return 0;
}

String getOutputLabel(float skor) {
    if (skor < 35) return "Tenang";
    else if (skor < 65) return "Normal";
    else if (skor < 80) return "Bising";
    else return "Sangat Bising";
}
```

Gambar 4. 3 fungsi klasifikasi output

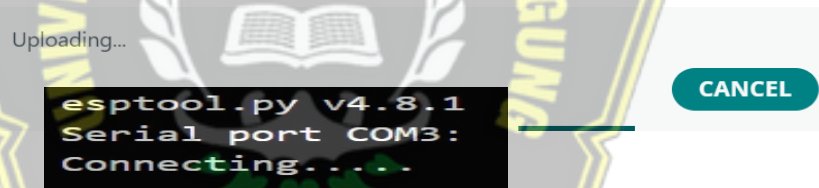
Pada gambar 4.3 ini memperlihatkan cuplikan kode program yang mencakup fungsi `getOutputScore()` dan `getOutputLabel()` di dalam Arduino IDE. Kedua fungsi ini merupakan bagian utama dari implementasi logika *fuzzy*, yang berfungsi untuk mengubah skor kebisingan menjadi label linguistik seperti “Tenang”, “Normal”, “Bising”, atau “Sangat Bising”. Skor yang dihasilkan dari proses *inferensi fuzzy* akan dibandingkan dengan batas ambang tertentu, dan berdasarkan perbandingan tersebut, sistem menentukan klasifikasi akhirnya. Fungsi ini memiliki peran penting dalam menjamin bahwa hasil keluaran sistem

dapat lebih mudah dipahami oleh pengguna, karena disajikan dalam bentuk deskriptif yang bersifat informatif.



Gambar 4. 4 kompilasi program

Gambar 4.4 menunjukkan tampilan saat proses kompilasi kode program pada Arduino IDE dilakukan sebelum dikirim ke mikrokontroler ESP32. Proses ini mencakup verifikasi program, penerjemahan kode ke dalam bentuk instruksi mesin, serta pemeriksaan terhadap kemungkinan kesalahan sintaks. Kompilasi yang berhasil menandakan bahwa program telah lolos dari error dan siap untuk diunggah ke board ESP32, menjadikannya tahapan krusial sebelum sistem dapat dijalankan pada perangkat keras secara fungsional.



Gambar 4. 5 Proses upload program menuju ESP32

Setelah tahap kompilasi selesai, langkah berikutnya adalah proses pengunggahan program ke mikrokontroler, seperti yang ditampilkan pada gambar 4.5 Proses ini ditunjukkan dengan munculnya pesan “Uploading...” di bagian bawah Arduino IDE, serta aktifnya indikator port serial (COM3) yang menandakan koneksi dengan perangkat. Tampilan tersebut memberikan konfirmasi bahwa program telah berhasil dikirim ke mikrokontroler ESP32 tanpa mengalami kesalahan. Tahap ini merupakan fase penting dalam transisi dari

proses pengembangan perangkat lunak ke penerapan langsung pada sistem fisik yang akan menjalankan fungsi monitoring kebisingan secara nyata.

```
..
[✓] WiFi connected!
[✓] Blynk configured!
```

Gambar 4. 6 Menunjukkan wifi dan blynk terhubung

Gambar 4.6 di atas menunjukkan tampilan output pada Serial Monitor Arduino IDE, yang mengindikasikan bahwa mikrokontroler ESP32 telah berhasil menjalani proses inisialisasi dengan lancar. Munculnya pesan “WiFi connected!” menandakan bahwa perangkat telah terhubung ke jaringan WiFi yang sebelumnya telah dikonfigurasi, sementara pesan “Blynk configured!” menginformasikan bahwa koneksi dengan server platform Blynk *Iot* berhasil dilakukan menggunakan authentication token yang valid. Keberhasilan kedua proses ini merupakan syarat krusial agar sistem deteksi kebisingan berbasis *Iot* dapat berfungsi secara optimal, khususnya dalam mengirim dan menerima data secara real-time melalui aplikasi Blynk. Hal ini mencakup pemantauan intensitas kebisingan, penampilan hasil klasifikasi secara langsung, serta pengaktifan fitur tambahan seperti alarm atau notifikasi otomatis. Dengan ditampilkannya pesan-pesan tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem telah siap beroperasi dan mampu melakukan pengolahan serta pemantauan data kebisingan secara langsung melalui koneksi internet.

```
rst:0x1 (POWERON_RESET),boot:0x13 (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
config: 0, SPIWP:0xee
clk_drv:0x00,q_drv:0x00,d_drv:0x00,cs0_drv:0x00,hd_drv:0x00,wp_drv:0x00
mode:DIO, clock div:1
load:0x3fff0030,len:4888
load:0x40078000,len:16456
load:0x40080400,len:4
load:0x40080404,len:3476
entry 0x400805b4
== SETUP MULAI ==
.....
```

Gambar 4. 7 Tampilan set-up awal di serial monitor



Gambar 4.7 memperlihatkan output awal pada Serial Monitor setelah ESP32 berhasil terkoneksi dan mulai beroperasi. Munculnya teks “== SETUP MULAI ==” beserta informasi mengenai boot loader menandakan bahwa perangkat telah aktif dan siap menjalankan tugasnya, yakni membaca data dari sensor serta memprosesnya menggunakan logika *fuzzy*. Tampilan ini juga menunjukkan bahwa mikrokontroler menerima pasokan daya dengan baik, berhasil menginisialisasi koneksi WiFi, dan siap untuk melakukan pembacaan data suara secara terus-menerus.

```

⚠ Menunggu input dari aplikasi Blynk (luas ruangan & jumlah pengunjung)...
⚠ Menunggu input dari aplikasi Blynk (luas ruangan & jumlah pengunjung)...
⚠ Menunggu input dari aplikasi Blynk (luas ruangan & jumlah pengunjung)...

```

Gambar 4. 8 Menunggu data input dari aplikasi Blynk *IoT*

Gambar 4.8 menampilkan kondisi saat sistem sedang menunggu input dari aplikasi Blynk, yaitu parameter “luas ruangan” dan “jumlah pengunjung”. Tanpa kedua input tersebut, sistem tidak akan menjalankan proses klasifikasi kebisingan karena informasi kontekstual yang dibutuhkan belum lengkap. Hal ini menegaskan bahwa sistem tidak semata-mata mengandalkan nilai *desibel* suara, melainkan juga memperhitungkan kondisi lingkungan secara menyeluruh untuk menghasilkan klasifikasi kebisingan yang lebih akurat dan relevan.

```

=====
ADC Suara           : 1370
dB Suara            : 51.93
Kategori Ruang      : Sempit
Kategori Orang      : Sedang
μ Rendah            : 0.27
μ Sedang            : 0.80
μ Tinggi            : 0.00
Skor Kebisingan     : 61.13
Kategori Output     : Normal
=====

```

Gambar 4. 9 Hasil output normal

Pada gambar 4.9 menunjukkan hasil pembacaan dari sensor suara ketika nilai ADC berada di angka sekitar 1370, yang setelah dikonversi menjadi sekitar 51,93 dB. Berdasarkan logika *fuzzy* yang diterapkan, nilai ini diklasifikasikan ke dalam kategori “Normal”. Selain itu, tampilan juga menyajikan nilai derajat keanggotaan ( $\mu$ ) untuk masing-masing kategori kebisingan, beserta skor akhir yang dihasilkan melalui proses *inferensi fuzzy*. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi dengan baik dan memberikan klasifikasi yang tepat pada kondisi kebisingan tingkat sedang.

```
=====
ADC Suara      : 1608
dB Suara       : 63.04
Kategori Ruang : Sempit
Kategori Orang : Sedang
 $\mu$  Rendah     : 0.00
 $\mu$  Sedang      : 0.80
 $\mu$  Tinggi     : 0.15
Skor Kebisingan : 79.00
Kategori Output : Bising
=====
```

Gambar 4. 10 Hasil output bising

Pada gambar 4.10 ini menunjukkan bahwa nilai ADC meningkat menjadi 1608, yang dikonversi menjadi sekitar 63,04 dB. Berdasarkan hasil klasifikasi menggunakan logika *fuzzy*, sistem menetapkan kondisi tersebut dalam kategori “Bising”. Hal ini membuktikan bahwa sistem memiliki kemampuan untuk menyesuaikan diri terhadap perubahan tingkat kebisingan di lingkungan, serta mampu menginterpretasikan nilai *desibel* menjadi klasifikasi yang sesuai. Tampilan ini juga menegaskan bahwa logika *fuzzy* yang digunakan mampu merespons kondisi aktual secara akurat dan *real-time*.

Setelah data hasil pembacaan sensor berhasil diperoleh dan dianalisis melalui Arduino IDE, tahap berikutnya adalah menyajikan data visual dari tampilan Blynk *IoT* yang berperan sebagai antarmuka pemantauan sistem. Informasi yang ditampilkan melalui aplikasi Blynk ini berfungsi untuk

memperkuat validasi hasil deteksi kebisingan secara waktu nyata, serta memberikan representasi visual yang lebih jelas dan informatif terkait kondisi lingkungan yang sedang dipantau.



Gambar 4. 11 Hasil tampilan aplikasi Blynk *IoT*

Pada gambar 4. 11 ini memperlihatkan tampilan antarmuka aplikasi Blynk *IoT* yang telah berhasil diintegrasikan dengan sistem deteksi kebisingan berbasis mikrokontroler ESP32 dan sensor suara MAX9814. Tampilan utama dari aplikasi ini menampilkan informasi klasifikasi tingkat kebisingan secara *real-time*, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi lingkungan secara langsung. Dalam contoh pengujian yang ditampilkan, sistem mencatat tingkat kebisingan sebesar 54,3dB, dan setelah melalui proses *inferensi* logika *fuzzy* serta mempertimbangkan input parameter luas ruangan sebesar 12 m<sup>2</sup> dan jumlah

orang sebanyak 2, maka sistem secara otomatis mengklasifikasikan kondisi tersebut sebagai kategori “Normal”, dengan nilai *defuzzyfikasi* sebesar 52.64.

Aplikasi Blynk juga dilengkapi dengan fitur input manual yang memungkinkan pengguna untuk memasukkan nilai parameter seperti luas ruangan dan jumlah orang melalui widget input yang telah disediakan. Fitur ini memberikan fleksibilitas dalam mengonfigurasi sistem agar dapat menyesuaikan klasifikasi kebisingan secara lebih kontekstual dan realistis sesuai dengan kondisi lingkungan yang sebenarnya. Antarmuka yang dirancang secara intuitif dan informatif ini menjadikan aplikasi Blynk sebagai alat pemantauan yang praktis, mudah digunakan, dan efektif dalam menyampaikan informasi penting kepada pengguna secara cepat.

Dengan dukungan konektivitas berbasis *Internet of Things (IoT)*, aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk mengakses data kebisingan kapan saja dan di mana saja melalui perangkat seluler. Sistem ini tidak hanya mampu menampilkan data *desibel* dan kategori kebisingan, tetapi juga memberikan respon adaptif terhadap perubahan lingkungan, menjadikannya solusi monitoring yang cerdas, responsif, dan efisien untuk berbagai kebutuhan, seperti di perpustakaan, ruang kelas, kantor, atau area publik lainnya yang membutuhkan kendali terhadap tingkat kebisingan.

## 4.2 Analisa

Pada Sub-bab ini menyajikan hasil pengujian terhadap sistem deteksi kebisingan otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* yang telah berhasil dikembangkan. Pengujian dilakukan dalam berbagai situasi nyata untuk mengukur performa sistem, dengan mempertimbangkan tiga parameter utama, yaitu: Intensitas suara dalam satuan *desibel* (dB), Luas ruangan dalam meter persegi ( $m^2$ ), dan Jumlah orang yang berada di dalam ruangan. Tujuan utama dari proses pengujian ini adalah untuk mengevaluasi akurasi sistem dalam mengklasifikasikan tingkat kebisingan, berdasarkan logika *fuzzy* yang telah diimplementasikan pada program. Sistem diuji untuk memastikan bahwa klasifikasi yang dihasilkan selaras dengan kondisi sebenarnya yang diamati di lapangan. Selanjutnya, tabel yang disertakan menyajikan perbandingan antara hasil klasifikasi kebisingan yang dihasilkan oleh sistem dan pengamatan langsung terhadap kondisi nyata. Data tersebut digunakan untuk menilai sejauh mana sistem dapat merefleksikan realitas lingkungan melalui mekanisme *fuzzy logic*, sekaligus menjadi indikator keberhasilan sistem dalam mendeteksi kebisingan secara kontekstual dan akurat.



Tabel 4. 1 Hasil pengujian

| No | dB terdeteksi | Luas ruangan      | Jumlah orang | Output Klasifikasi sistem |
|----|---------------|-------------------|--------------|---------------------------|
| 1  | 42            | 34 m <sup>2</sup> | 1            | 34.7 dB (Tenang)          |
| 2  | 45            | 31 m <sup>2</sup> | 1            | 34.9 dB (Tenang)          |
| 3  | 52            | 29 m <sup>2</sup> | 2            | 49.3 dB (Normal)          |
| 4  | 58            | 27 m <sup>2</sup> | 3            | 57.2 dB (Normal)          |
| 5  | 63            | 19 m <sup>2</sup> | 5            | 63.1 dB (Normal)          |
| 6  | 68            | 13 m <sup>2</sup> | 6            | 67.0 dB (Bising)          |
| 7  | 76            | 10 m <sup>2</sup> | 7            | 75.4 dB (Bising)          |
| 8  | 83            | 13 m <sup>2</sup> | 8            | 81.2 dB (Sangat Bising)   |
| 9  | 48            | 27 m <sup>2</sup> | 2            | 47.6 dB (Normal)          |
| 10 | 60            | 24 m <sup>2</sup> | 3            | 59.0 dB (Normal)          |
| 11 | 62            | 18 m <sup>2</sup> | 4            | 61.4 dB (Normal)          |
| 12 | 74            | 18 m <sup>2</sup> | 6            | 73.3 dB (Bising)          |
| 13 | 79            | 19 m <sup>2</sup> | 7            | 77.8 dB (Bising)          |
| 14 | 85            | 18 m <sup>2</sup> | 9            | 82.4 dB (Sangat Bising)   |
| 15 | 46            | 37 m <sup>2</sup> | 1            | 34.6 dB (Tenang)          |
| 16 | 50            | 31 m <sup>2</sup> | 2            | 44.8 dB (Normal)          |
| 17 | 56            | 24 m <sup>2</sup> | 4            | 54.1 dB (Normal)          |
| 18 | 66            | 10 m <sup>2</sup> | 5            | 66.2 dB (Bising)          |
| 19 | 81            | 13 m <sup>2</sup> | 6            | 80.5 dB (Sangat Bising)   |
| 20 | 44            | 34 m <sup>2</sup> | 1            | 34.8 dB (Tenang)          |

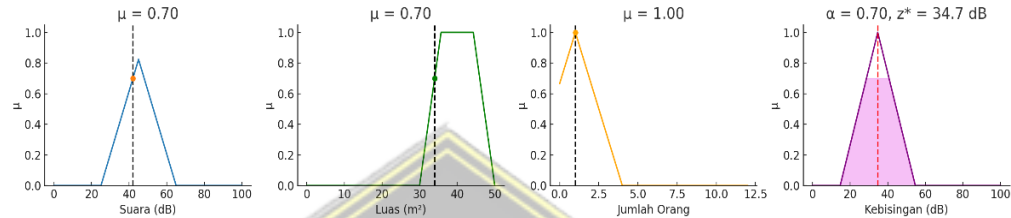
Berdasarkan Tabel 4.1 hasil pengujian memperlihatkan bahwa seluruh klasifikasi tingkat kebisingan yang dihasilkan sistem selaras dengan kondisi sebenarnya pada setiap skenario. Sebagai contoh, pada data pertama, meskipun sensor mendeteksi 42 dB di ruangan luas (34 m<sup>2</sup>) dengan satu orang, sistem mengeluarkan hasil 34.7 dB (Tenang), yang sejalan dengan persepsi manusia dalam kondisi tersebut. Hasil serupa terlihat pada data kedua, di mana 45 dB di ruangan luas dengan jumlah orang sedikit tetap masuk kategori Tenang. Pada data keenam hingga ketujuh, kebisingan di kisaran 68–76 dB di ruangan kecil

dengan jumlah orang cukup banyak diklasifikasikan sebagai Bising, mencerminkan suasana ramai di lapangan. Sementara itu, data kedelapan dengan tingkat kebisingan 81.2 dB menghasilkan kategori Sangat Bising, menunjukkan kemampuan sistem dalam mendeteksi kondisi kebisingan yang sangat tinggi dengan akurat. Beberapa kasus, seperti pada data kesepuluh hingga kedua belas, menunjukkan bahwa meskipun nilai desibel cukup tinggi (59–74 dB), klasifikasi dapat berbeda karena dipengaruhi faktor tambahan seperti luas ruangan dan jumlah orang. Sebagai contoh, 74 dB di ruangan sedang berisi 6 orang tetap dikategorikan Bising, sedangkan 59 dB di ruangan luas dengan sedikit orang dikategorikan Normal. Hal ini membuktikan bahwa sistem tidak hanya bergantung pada satu parameter, tetapi mengombinasikan data tingkat kebisingan, luas ruangan, dan jumlah orang melalui logika fuzzy untuk menghasilkan penilaian yang lebih kontekstual. Secara keseluruhan, hasil pengujian membuktikan bahwa sistem deteksi kebisingan berbasis logika fuzzy ini mampu memberikan klasifikasi yang konsisten, akurat, dan sesuai dengan persepsi manusia, dengan memproses data sensor secara real-time serta mempertimbangkan variabel tambahan sehingga hasilnya relevan dengan kondisi lingkungan sebenarnya.

Untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai alur kerja sistem deteksi kebisingan, pada bagian ini disajikan beberapa contoh hasil pengujian yang merepresentasikan empat kategori utama, yaitu Tenang, Normal, Bising, dan Sangat Bising. Setiap contoh tidak hanya menampilkan data hasil pembacaan sensor, tetapi juga menjelaskan proses pemetaan nilai input ke dalam fungsi keanggotaan fuzzy, evaluasi aturan melalui mekanisme inferensi, hingga tahap defuzzifikasi yang menghasilkan nilai crisp sebagai keluaran akhir.

Tabel 4. 2 perhitungan kategori normal

| parameter         | nilai             | kategori                                       |
|-------------------|-------------------|------------------------------------------------|
| ADC RMS           | 162.50 counts     | -                                              |
| dB (kalibrasi)    | 42 dB             | Rendah ( $\mu = 0.7$ ), Sedang ( $\mu = 0.3$ ) |
| Luas ruangan      | 18 m <sup>2</sup> | Luas ( $\mu = 0.7$ ), Sedang ( $\mu = 0.3$ )   |
| Jumlah pengunjung | 1 orang           | Sedikit ( $\mu = 1$ )                          |



$$\alpha = 0,7 \text{ (} b = 34,7 \text{) (} a = 14,7 \text{) (} c = 54,7 \text{)}$$

$$\alpha\text{-cut: } x_l = 28,7 \text{ } x_r = 40,7$$

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,7 \cdot (28,7 - 14,7) = 4,9 \quad M_1 = 4,9 \cdot 24,033 = 117,762$$

$$A_2 = 0,7 \cdot (40,7 - 28,7) = 8,4 \quad M_2 = 8,4 \cdot 34,7 = 291,48$$

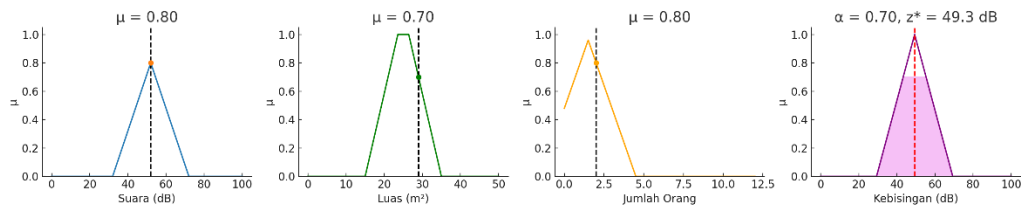
$$A_3 = \frac{1}{2} \cdot 0,7 \cdot (54,7 - 40,7) = 4,9 \quad M_3 = 4,9 \cdot 45,367 = 222,298$$

$$z = \frac{M \text{ total}}{A \text{ total}} = \frac{631,54}{18,2} = 34,7$$

Berdasarkan tabel 4.2 yaitu hasil inferensi fuzzy, kombinasi kondisi suara rendah, ruangan luas, dan jumlah orang sedikit menghasilkan keluaran dengan tingkat kepercayaan ( $\alpha$ ) sebesar 0,7 yang menunjuk pada kategori Tenang. Setelah dilakukan proses defuzzifikasi dengan metode centroid, diperoleh nilai crisp sebesar 34,7 dB, yang konsisten dengan klasifikasi Tenang.

Tabel 4. 3 perhitungan kategori tenang

| parameter         | nilai             | kategori                                                             |
|-------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|
| ADC RMS           | 171.20 counts     | -                                                                    |
| dB (kalibrasi)    | 52 dB             | Sedang ( $\mu = 0.8$ ), Tinggi ( $\mu = 0.2$ )                       |
| Luas ruangan      | 29 m <sup>2</sup> | Sedang ( $\mu = 0.7$ ), Sempit ( $\mu = 0.2$ ), Luas ( $\mu = 0.1$ ) |
| Jumlah pengunjung | 2 orang           | Sedikit ( $\mu = 0.8$ ), Sedang ( $\mu = 0.2$ )                      |



$$\alpha = 0,7 \text{ (} b = 49,3 \text{) (} a = 29,3 \text{) (} c = 69,3 \text{)}$$

$$\alpha\text{-cut: } x_l = 43,3 \text{ } x_r = 55,3$$

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,7 \cdot (43,3 - 29,3) = 4,9 \quad M_1 = 4,9 \cdot 38,633 = 189,304$$

$$A_2 = 0,7 \cdot (55,3 - 43,3) = 8,4 \quad M_2 = 8,4 \cdot 49,3 = 414,12$$

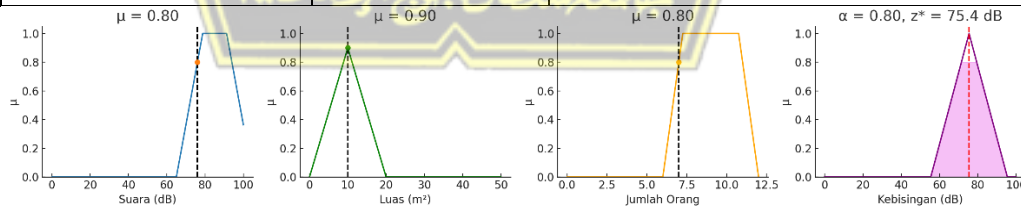
$$A_3 = \frac{1}{2} \cdot 0,7 \cdot (69,3 - 55,3) = 4,9 \quad M_3 = 4,9 \cdot 59,967 = 293,838$$

$$z = \frac{M_{\text{total}}}{A_{\text{total}}} = \frac{631,54}{18,2} = 49,3$$

Pada tabel 4.3 menunjukkan kondisi suara sedang, ruangan berukuran sedang, dan jumlah orang sedikit, sistem melalui proses inferensi fuzzy memberikan keluaran dengan nilai  $\alpha = 0,7$  yang mengarah pada kategori Normal. Hasil ini kemudian diproses melalui defuzzifikasi centroid sehingga menghasilkan skor crisp sekitar 49,3 dB, yang sesuai dengan kategori Normal.

Tabel 4. 4 perhitungan kategori bising

| parameter         | nilai             | kategori                                       |
|-------------------|-------------------|------------------------------------------------|
| ADC RMS           | 198.40 counts     | -                                              |
| dB (kalibrasi)    | 76 dB             | Tinggi ( $\mu = 0.8$ ), Sedang ( $\mu = 0.2$ ) |
| Luas ruangan      | 10 m <sup>2</sup> | Sempit ( $\mu = 0.9$ ), Sedang ( $\mu = 0.1$ ) |
| Jumlah pengunjung | 7 orang           | Banyak ( $\mu = 0.8$ ), Sedang ( $\mu = 0.2$ ) |



$$\alpha = 0,7 \text{ (} b = 75,4 \text{) (} a = 55,4 \text{) (} c = 95,4 \text{)}$$

$$\alpha\text{-cut: } x_l = 71,4 \text{ } x_r = 79,4$$

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot (71,4 - 55,4) = 6,4 \quad M_1 = 6,4 \cdot 66,066 = 422,827$$

$$A_2 = 0,8 \cdot (79,4 - 71,4) = 6,4 \quad M_2 = 6,4 \cdot 75,4 = 482,56$$

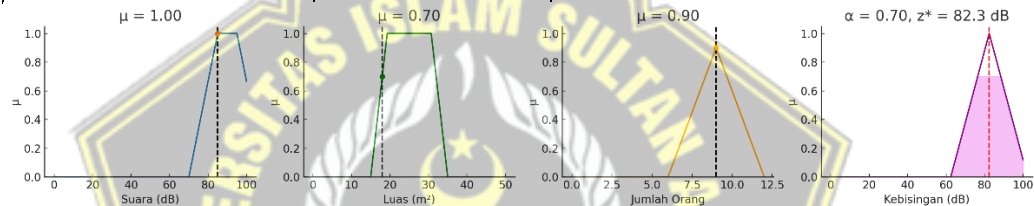
$$A_3 = \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot (95,4 - 79,4) = 6,4 \quad M_3 = 6,4 \cdot 84,733 = 542,293$$

$$z = \frac{M_{\text{total}}}{A_{\text{total}}} = \frac{1.447,68}{19,2} = 75,4$$

Tabel 4.4 menunjukkan perhitungan untuk kasus suara tinggi, ruangan sempit, dan jumlah orang banyak, inferensi fuzzy menghasilkan keluaran dengan kekuatan aturan ( $\alpha$ ) sebesar 0,8 yang mendukung kategori Bising. Setelah dilakukan defuzzifikasi, diperoleh nilai crisp kurang lebih 75,4 dB, yang sesuai dengan klasifikasi Bising.

Tabel 4. 5 perhitungan kategori sangat bising

| parameter         | nilai             | kategori                                       |
|-------------------|-------------------|------------------------------------------------|
| ADC RMS           | 210.70 counts     | -                                              |
| dB (kalibrasi)    | 85 dB             | Tinggi ( $\mu = 1$ )                           |
| Luas ruangan      | 18 m <sup>2</sup> | Sedang ( $\mu = 0.7$ ), Sempit ( $\mu = 0.2$ ) |
| Jumlah pengunjung | 9 orang           | Banyak ( $\mu = 0.9$ ), Sedang ( $\mu = 0.1$ ) |



$$\alpha = 0,7 \text{ (} b = 82,4 \text{) (} a = 62,4 \text{) (} c = 100 \text{)}$$

$$\alpha\text{-cut: } x_l = 76,4 \text{ } x_r = 88,4$$

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,7 \cdot (76,4 - 62,4) = 4,9 \quad M_1 = 4,9 \cdot 71,733 = 351,493$$

$$A_2 = 0,7 \cdot (88,4 - 76,4) = 8,4 \quad M_2 = 8,4 \cdot 82,4 = 692,16$$

$$A_3 = \frac{1}{2} \cdot 0,7 \cdot (102,4 - 88,4) = 4,9 \quad M_3 = 4,9 \cdot 93,067 = 456,027$$

$$z = \frac{M \text{ total}}{A \text{ total}} = \frac{1.499.68}{18.2} = 82,4$$

Hasil dari tabel 4.5 menunjukkan kondisi suara tinggi, ruangan sedang, dan jumlah orang banyak, inferensi fuzzy menunjukkan keluaran dengan tingkat kepercayaan ( $\alpha$ ) sebesar 0,7 yang mengarah pada kategori Sangat Bising. Proses defuzzifikasi dengan metode centroid menghasilkan nilai crisp sekitar 82,4 dB, yang kemudian dikategorikan sebagai Sangat Bising.



Tabel 4. 6 Hasil evaluasi

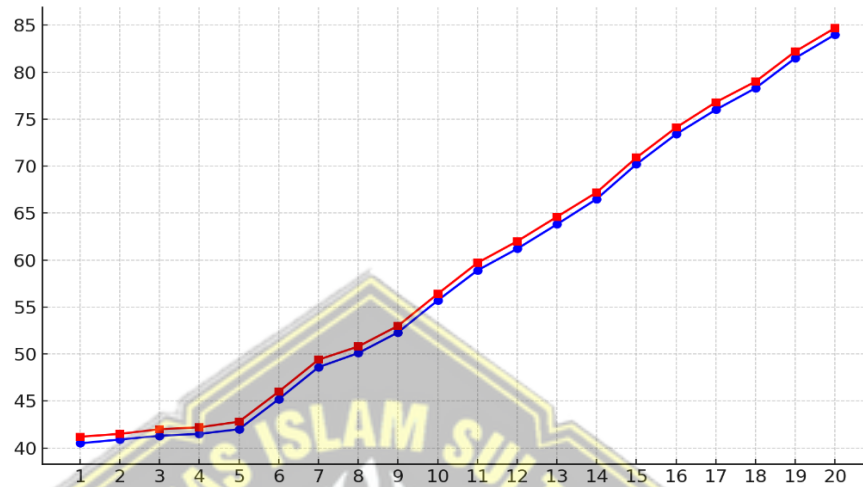
| No | dB acuan (GM1532) | dB sistem (max9814) | Selisih absolut |
|----|-------------------|---------------------|-----------------|
| 1  | 40.5              | 41.2                | 0.7             |
| 2  | 40.9              | 41.5                | 0.6             |
| 3  | 41.3              | 42.0                | 0.7             |
| 4  | 41.5              | 42.2                | 0.7             |
| 5  | 42.0              | 42.8                | 0.8             |
| 6  | 45.2              | 46.0                | 0.8             |
| 7  | 48.6              | 49.4                | 0.8             |
| 8  | 50.1              | 50.8                | 0.7             |
| 9  | 52.3              | 53.0                | 0.7             |
| 10 | 55.7              | 56.4                | 0.7             |
| 11 | 58.9              | 59.7                | 0.8             |
| 12 | 61.2              | 62.0                | 0.8             |
| 13 | 63.8              | 64.6                | 0.8             |
| 14 | 66.5              | 67.2                | 0.7             |
| 15 | 70.2              | 70.9                | 0.7             |
| 16 | 73.4              | 74.1                | 0.7             |
| 17 | 76.0              | 76.8                | 0.8             |
| 18 | 78.3              | 79.0                | 0.7             |
| 19 | 81.5              | 82.2                | 0.7             |
| 20 | 84.0              | 84.7                | 0.7             |

Langkah perhitungannya yaitu :

$$MAE = \frac{\sum |y_i - \hat{y}_i|}{20} = \frac{14.6}{20} = 0.73 \text{ dB}$$

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai MAE yang diperoleh relatif rendah, menandakan hasil pengukuran kebisingan oleh sistem berbasis sensor MAX9814 sangat mendekati hasil pengukuran menggunakan GM1352 sebagai alat acuan. Pada contoh ini, nilai MAE sebesar 0,73 dB berarti rata-rata perbedaan antara pembacaan sistem dan alat acuan hanya 0,73 dB. Selisih yang kecil ini menunjukkan bahwa setiap hasil pengukuran hampir identik dengan nilai sebenarnya. Dengan toleransi kesalahan  $\pm 1$  dB yang umumnya masih dianggap

akurat, dapat disimpulkan bahwa sistem ini memiliki tingkat akurasi yang memadai dan layak digunakan untuk pemantauan kebisingan di dalam ruangan.



Gambar 4. 12 visualisasi perbandingan db sistem dan acuan

Gambar 4.12 memperlihatkan hasil perbandingan pengukuran tingkat kebisingan antara alat acuan dan sistem yang telah dilakukan pengujian sebanyak 20 kali. Garis biru menggambarkan data pengukuran dari GM1352, sedangkan garis merah merepresentasikan hasil dari sistem MAX9814. Kedua garis menunjukkan pola yang hampir sejajar, yang menandakan bahwa perbedaan hasil pengukuran pada setiap uji relatif kecil dan konsisten. Kecocokan pola ini sejalan dengan nilai MAE sebesar 0,73 dB, yang menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi tinggi serta layak digunakan untuk pemantauan kebisingan secara efektif.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mewujudkan sistem deteksi kebisingan otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 dan sensor MAX9814 yang dipadukan dengan metode logika *fuzzy Mamdani*. Proses *fuzzifikasi*, *inferensi*, hingga *defuzzifikasi* telah mampu mengolah data input berupa intensitas suara (dB), luas ruangan, dan jumlah orang menjadi keluaran linguistik yang merepresentasikan kondisi nyata, yakni Tenang, Normal, Bising, dan Sangat Bising. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk mengimplementasikan metode *fuzzy* dalam perangkat deteksi kebisingan suara dapat tercapai dengan baik.

Dari aspek kinerja, sistem menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi. Hasil evaluasi menggunakan pembanding GM1352 memperlihatkan nilai *Mean Absolute Error (MAE)* hanya sebesar 0,73 dB, yang masih berada dalam toleransi kesalahan pengukuran  $\pm 1$  dB. Hal ini membuktikan bahwa metode *fuzzy* yang digunakan mampu menghasilkan klasifikasi tingkat kebisingan secara konsisten, adaptif, serta selaras dengan persepsi manusia dalam menilai kondisi kebisingan pada berbagai skenario.

Selain itu, integrasi sistem dengan platform Blynk *IoT* memberikan nilai tambah berupa kemampuan pemantauan secara real-time dan notifikasi langsung kepada pengguna. Fitur ini menjadikan sistem tidak hanya sebagai alat ukur sederhana, melainkan solusi teknologi yang praktis, informatif, dan dapat diandalkan untuk mendukung pengawasan tingkat kebisingan di ruang kelas, perpustakaan, kantor, hingga fasilitas umum.

Secara keseluruhan, penelitian ini telah mencapai tujuan utama, yaitu mengimplementasikan metode *fuzzy* pada deteksi kebisingan, membuktikan

akurasi sistem, serta menghadirkan solusi berbasis teknologi yang efektif untuk mengetahui dan memantau tingkat kebisingan suara dalam suatu ruangan.

## 5.2 Saran

Adapun beberapa saran pengembangan yang direkomendasikan untuk peningkatan sistem di masa depan antara lain:

1. Melakukan kalibrasi nilai *ADC* terhadap satuan *desibel* (dB) menggunakan alat ukur kebisingan profesional, guna memastikan bahwa proses konversi data *analog* dari sensor menjadi nilai dB lebih akurat, valid, dan sesuai dengan standar pengukuran kebisingan lingkungan.
2. Menambahkan parameter tambahan seperti suhu dan kelembapan udara, yang dapat memengaruhi persebaran gelombang suara di dalam ruang tertutup, sehingga hasil klasifikasi kebisingan menjadi lebih kontekstual dan realistis.
3. Mengembangkan fitur penyimpanan data historis kebisingan, baik secara lokal di perangkat maupun melalui integrasi *Cloud database* (misalnya melalui Blynk *Cloud* atau platform lainnya), untuk memungkinkan pengguna melakukan analisis tren atau pola kebisingan dalam periode waktu tertentu dan mengambil keputusan berbasis data *historis*.
4. Menambahkan sistem notifikasi otomatis pada aplikasi Blynk, seperti *logEvent* atau push notification, agar pengguna mendapatkan peringatan langsung apabila tingkat kebisingan berulang kali memasuki kategori “Sangat Bising” atau mengalami lonjakan tiba-tiba yang memerlukan perhatian khusus.
5. Meningkatkan tampilan antarmuka aplikasi Blynk, dengan penambahan elemen *visual* seperti grafik monitoring harian, indikator level kebisingan waktu nyata, dan label interaktif yang membantu pengguna memahami informasi sistem secara lebih visual dan intuitif.

6. Mengintegrasikan sistem dengan perangkat aktuator otomatis, seperti kipas ventilasi, peredam suara aktif, atau pengatur volume elektronik, agar sistem dapat memberikan tindakan adaptif secara otomatis ketika kebisingan tinggi terdeteksi dalam durasi tertentu.





## DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A., & Muna, I. H. (2016). Metode *Fuzzy Inference System* Untuk Penilaian Kinerja Pegawai Perpustakaan Dan Pustakawan. *Scientific Journal Of Informatics*, 3(1), 88–98. <https://doi.org/10.15294/Sji.V3i1.6136>
- Apriyanto, B., & Hadiyanto, G. T. (2024). Prototype Deteksi Kebisingan Pengunjung Perpustakaan Universitas Batam. 14(3), 12–20.
- Audrey, J., Fadlil, A., & Sunardi, S. (2022). Implementasi Logika *Fuzzy* Metode Sugeno Untuk Prediksi Jumlah Mahasiswa Baru Pada Stmik Dumai. *INFORMATIKA*, 14(1), 56. <https://doi.org/10.36723/Juri.V14i1.263>
- Ayuningtyas, A. A. (2022). Penerapan Internet Of Things (*Iot*) Dalam Upaya Mewujudkan Perpustakaan Digital Di Era Society 5.0. *Jurnal Ilmu Perpustakaan*, 11(1), 29–36. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jip/article/view/40244>
- Damanik, M. T., Sumarno, S., Kirana, I. O., Gunawan, I., & Irawan, I. (2022). Sistem Monitoring Alat Pendeteksi Kebisingan Suara Di Perpustakaan Stikom Tunas Bangsa Pematangsiantar Berbasis Mikorokontroller Arduino Uno. *Jurnal Penelitian Inovatif*, 2(1), 79–86. <https://doi.org/10.54082/Jupin.58>
- El-Khozondar, H. J., Mtair, S. Y., Qoffa, K. O., Qasem, O. I., Munyarawi, A. H., Nassar, Y. F., Bayoumi, E. H. E., & Halim, A. A. E. B. A. El. (2024). A Smart Energy Monitoring System Using ESP32 Microcontroller. *E-Prime - Advances In Electrical Engineering, Electronics And Energy*, 9(March), 100666. <https://doi.org/10.1016/J.Prime.2024.100666>
- Fahmawaty. (2020). Perancangan Alat Penghitung Jumlah Pengunjung Di Perpustakaan Unis Tangerang Menggunakan Sensor Pir Berbasis *Iot*. *JIMTEK : Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 1(3), 253–261. <http://ejournal.unis.ac.id/index.php/jimtek/article/download/1124/Mega/>

- Hansza, R., & Haryudo, S. I. (2020). Rancang Bangun Kontrol Motor DC Dengan PID Menggunakan Perintah Suara Dan Monitoring Berbasis Internet Of Things ( *IOT* ). *Jurnal Teknik Elektro*, 9(2), 477–485.
- Hidayat, A. D., Sudibya, B., & Waluyo, C. B. (2019). Pendeteksi Tingkat Kebisingan Berbasis Internet Of Things Sebagai Media Kontrol Kenyamanan Ruangan Perpustakaan. *Avitec*, 1(1), 99–109. <https://doi.org/10.28989/Avitec.V1i1.497>
- Khalil, E., & Akter, M. (2024). Prediction Of Seam Strength Of Cotton Canvas Fabric Using *Fuzzy* Logic. *Results In Control And Optimization*, 17(November). <https://doi.org/10.1016/J.Rico.2024.100502>
- Mayasari, G., Hasnidar, & Yulia, F. (2024). Gambaran Tata Ruang Perpustakaan Dalam Meningkatkan Minat Baca Mahasiswa Di Perpustakaan Universitas Islam Riau. *Jurnal Gema Pustakawan*, 12(1), 1–14.
- Morchid, A., Said, Z., Abdelaziz, A. Y., Siano, P., Qjidaa, H., Technology, S. A., Said, Z., Abdelaziz, A. Y., Siano, P., & Qjidaa, H. (2025). Smart Agricultural Technology.
- Nassiri, S. M., Tahavoor, A., & Jafari, A. (2022). *Fuzzy* Logic Classification Of Mature Tomatoes Based On Physical Properties Fusion. *Information Processing In Agriculture*, 9(4), 547–555. <https://doi.org/10.1016/J.Inpa.2021.09.001>
- Pandanaran, A. S. (2021). Rancang Bangun Alat Deteksi Kebisingan Pengunjung Perpustakaan Berdasarkan Parameter Tekanan Suara Atau Bunyi. <http://eprints.uty.ac.id/7641/>
- Putra, F. P. E., Mahmud, M. A., & ... (2023). Pengembangan Sistem Pemantauan Lingkungan Berbasis Internet Of Things (*Iot*) Di Kampus. *Digital Transformation ...*, 3(2), 996–1001. <https://jurnal.itscience.org/index.php/digitech/article/view/3457>
- Ramadhani, F., Satria, A., & Sari, I. P. (2023). Implementasi Metode *Fuzzy* K-Nearest Neighbor Dalam Klasifikasi Penyakit Demam Berdarah. *Hello*

- World Jurnal Ilmu Komputer, 2(2), 58–62.  
<https://doi.org/10.56211/helloworld.v2i2.253>
- Riansyah, A., Mulyono, S., & Roichani, M. (2021). Applying *Fuzzy* Proportional Integral Derivative On Internet Of Things For Figs Greenhouse. *IAES International Journal Of Artificial Intelligence*, 10(3), 536–544.  
<https://doi.org/10.11591/ijai.v10.i3.pp536-544>
- Ridho, Y., Samsugi, S., & Megawati, D. A. (2024). Sistem Keamanan Lingkungan Kampus Berbasis *IOT* Dengan Mikrokontroler Esp32 Dan Aplikasi. 9, 374–382.
- Rizki, S. N., & Tipa, H. (2020). Implementasi *Fuzzy* Inference System Untuk Menentukan Tingkat Kriminalitas Di Kota Batam. *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 10(2), 206–221.  
<https://doi.org/10.31849/digitalzone.v10i2.3090>
- Sakinah, S., Widiastiwi, Y., & Zaidiah, A. (2020). Implementasi Metode *Fuzzy* Sugeno Pada Proses Penyiangan Koleksi Buku Di Perpustakaan Universitas Indonesia. *Seminar Nasional Mahasiswa Bidang Ilmu Komputer Dan Aplikasinya*, 1(2), 622–636.
- Sánchez Fernández, L. P. (2021). Environmental Noise Indicators And Acoustic Indexes Based On *Fuzzy* Modelling For Urban Spaces. *Ecological Indicators*, 126. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107631>
- Saputra, W. (2024). Analisis Potensi Penerapan Internet Of Things Dalam Upaya Peningkatan Layanan Perpustakaan Digital Studi Kasus Perpustakaan Umum Daerah Kota Lhokseumawe. 1(2), 9–14.  
<https://jurnal.komputasi.org/index.php/jst/article/view/22/>
- Siddik, Y. D., Manaor, A., Pardede, H., & Kahir, H. (2024). Rancang Bangun Alat Deteksi Kebisingan Perpustakaan Dengan Indikator Peringatan Berbasis Internet Of Things ( *IOT* ). 4.
- Sidehabi, S. W. (2024). Ruang Perpustakaan Menggunakan Internet Of. 15(2).
- Sunanto, S., Firdaus, R., & Makmur Setiawan Siregar. (2021). Implementasi

- Logika *Fuzzy Mamdani* Pada Kendali Suhu Dan Kelembaban Ruang Server. Jurnal Coscitech (Computer Science And Information Technology), 2(2), 128–136. <https://doi.org/10.37859/Coscitech.V2i2.3362>
- Susanto, F., Prasiani, N. K., & Darmawan, P. (2022). Implementasi Internet Of Things Dalam Kehidupan Sehari-Hari. Jurnal Imagine, 2(1), 35–40. <https://doi.org/10.35886/Imagine.V2i1.329>
- Syarifuddin. (2015). Analisis Penentuan Pola Kebisingan Berdasarkan Nilai Ambang Batas (NAB) Pada Power Plant Di PT Arun NGL. Abstrak. Malikussaleh Industrial Engineering Journal, 4(1), 36–41.
- Tresna Utama, A., Panji Sasmito, A., & Faisol, A. (2021). Implementasi Logika *Fuzzy* Pada Sistem Monitoring Online Suhu Sapi Potong Berbasis *Iot*. JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), 5(1), 16–24. <https://doi.org/10.36040/Jati.V5i1.3226>
- Valendra, K., Si, S., Kom, M., Setiawan, C., Studi, P., Komputer, S., Indo, U., Mandiri, G., & Gates, M. (2022). Pada Perpustakaan Menggunakan Google Assistant Dan Esp32 Berbasis Voice Recognition. 8–17.
- Wahyudi, I., Ulum, M., & Haryanto. (2020). Rancang Bangun Alat Penentuan Tingkat Kematangan Buah Melon Dengan Sensor Max9814 Dan Sensor Soil Moisture Menggunakan Logika *Fuzzy*. Seminar Nasional Fortei Regional, 7, 1–5.
- Wardani, T. K., Nasution, A. S., Ibnu, M., & Nur, Y. (2024). Analisis Kebisingan Pada Ruang Baca Badan Perpustakaan Di Smp It Al Hijrah 2. 1(2).