

SKRIPSI

**MONITORING TINGKAT KEBISINGAN RUANG PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA SECARA
REAL-TIME MENGGUNAKAN SENSOR SUARA BERBASIS IOT**

DISUSUN OLEH

ANDHIKA PRATAMA PUTRA

NPM. 2209020051



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

MEDAN

2026

**MONITORING TINGKAT KEBISINGAN RUANG PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA SECARA
REAL-TIME MENGGUNAKAN SENSOR SUARA BERBASIS IOT**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Komputer (S.Kom) dalam Program Studi Teknologi Informasi, pada Fakultas
Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara**

**ANDHIKA PRATAMA PUTRA
2209020051**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : MONITORING TINGKAT KEBISINGAN RUANG
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA SECARA
REAL-TIME MENGGUNAKAN SENSOR SUARA
BERBASIS IOT

Nama Mahasiswa : ANDHIKA PRATAMA PUTRA

NPM : 2209020051

Program Studi : TEKNOLOGI INFORMASI

Menyetujui
Komisi Pembimbing


(Martiano S. Pd, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0128029302

Ketua Program Studi


(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom, M.Kom.)
NIDN. 0117019301

Dekan



(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

MONITORING TINGKAT KEBISINGAN RUANG PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA SECARA REAL-TIME MENGGUNAKAN SENSOR SUARA BERBASIS IOT

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 1 Agustus 2026

Yang membuat pernyataan



Andhika Pratama Putra

NPM. 2209020051

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andhika Pratama Putra
NPM : 2209020051
Program Studi : Teknologi Informasi
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

**MONITORING TINGKAT KEBISINGAN RUANG PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA SECARA
REAL-TIME MENGGUNAKAN SENSOR SUARA BERBASIS IOT**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, 1 Agustus 2026

Yang membuat pernyataan



Andhika Pratama Putra

NPM. 2209020051

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Andhika Pratama Putra
Tempat dan Tanggal Lahir : Bogor, 6 Maret 2004
Alamat Rumah : Jln. Alfaka 3 no 18 lk iv tanjung mulia hilir
Telepon/Faks/HP : 082179039809
E-mail : andikapratamaputra570@gmail.com
Instansi Tempat Kerja :
Alamat Kantor :

DATA PENDIDIKAN

SD	: SD NEGERI 060843	TAMAT: 2016
SMP	: Negeri 11 Medan	TAMAT: 2019
SMA	: Pertiwi Medan	TAMAT: 2022

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul *“Monitoring Tingkat Kebisingan Ruang Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Secara Real Menggunakan Sensor Suara Berbasis IoT”*. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknologi Informasi.

Penulis tentunya berterima kasih kepada berbagai pihak dalam dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Akrim, M.Pd., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).
2. Bapak Prof. Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Ibu Dr. Firahmy Rizky, S.Kom., M.Kom. Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi.
4. Bapak Mhd. Basri, S.Kom., M.Kom. Wakil Dekan III Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi.
5. Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom. Ketua Program Studi Teknologi Informasi yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknologi Informasi.
6. Bapak Okvi Nugroho, S.Kom., M.Kom. Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi.
7. Bapak Dosen Pembimbing, Martiano, S.Kom., M.Kom. yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, masukan, serta arahan yang sangat berarti dalam penyusunan skripsi ini.
8. Ayah tercinta, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral maupun material, serta menjadi teladan dalam semangat kerja keras dan tanggung jawab bagi penulis.

9. Ibu tercinta, yang dengan penuh kasih sayang, kesabaran, dan doa yang tiada henti telah menjadi sumber kekuatan dan penyemangat utama bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Kerabat dan sahabat penulis, M.Ariq Adrian, Masitoh Nur Pertiwi, Almiftah Nazwa, Farhan Jihad, Rifqy Aditya, Rahil Lizar Altamis, Rahmat Hidayat Pane, Abdullah Yudi, yang dimana menjadi teman dan layaknya seperti kerabat, dan telah menemani perjalanan akademik penulis, melewati suka duka, memberikan dukungan, motivasi, serta kebersamaan yang berharga selama masa hidup penulis.
11. Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Yang dimana telah menjadi tempat penulis bersuka cita dengan teman, dan orang-orang yang penulis cintai, hingga menjadi saksi penulis tumbuh kembang hingga dewasa dan sampai di tahap penyusunan skripsi.
12. Semua pihak yang terlibat langsung ataupun tidak langsung yang tidak dapat penulis ucapkan satu-persatu yang telah membantu penyelesaian skripsi ini.

MONITORING TINGKAT KEBISINGAN RUANG PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA SECARA *REAL*
TIME MENGGUNAKAN SENSOR SUARA BERBASIS IOT

ABSTRAK

Perpustakaan merupakan salah satu sarana pendukung utama dalam kegiatan akademik yang berfungsi sebagai pusat sumber informasi, pembelajaran mandiri, serta pengembangan literasi bagi sivitas akademika perpustakaan dituntut untuk menyediakan suasana yang tenang, nyaman, dan kondusif umumnya, pengendalian kebisingan di perpustakaan masih dilakukan secara manual. Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) membuka peluang untuk mengatasi permasalahan tersebut. IoT memungkinkan integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan jaringan internet sehingga data dapat dikumpulkan, diproses, dan dipantau secara *real time*. Metode yg digunakan berupa *engineering research* (penelitian rekayasa) berfokus pada proses perancangan, pembangunan, dan pengujian suatu sistem atau prototipe untuk menyelesaikan permasalahan tertentu secara teknis penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan utama, yaitu identifikasi permasalahan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian sistem, serta analisis hasil pengujian. Tahap ini melibatkan proses perakitan komponen seperti sensor suara KY-037, mikrokontroler ESP32, LED, serta konfigurasi koneksi jaringan internet. Implementasi perangkat lunak dilakukan dengan mengunggah program ke ESP32 dan menghubungkannya dengan *platform* monitoring IoT. Tahap penyajian data yang diperoleh dari proses pengujian yang telah dilakukan terhadap sistem monitoring kebisingan berbasis *Internet of Things* (IoT). Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dalam mendeteksi tingkat kebisingan, mengolah data sensor, serta memberikan respon terhadap kondisi lingkungan secara *real-time*. Nilai yang dihasilkan oleh sensor berupa data analog yang kemudian dikonversi oleh ESP32 menjadi nilai digital. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat membaca tingkat kebisingan pada beberapa area perpustakaan. Sistem juga mampu memberikan respon otomatis berupa indikator LED dan lampu peringatan ketika tingkat kebisingan melebihi batas normal.

Kata Kunci: *Internet of Things*; Sensor KY-03; ESP-32.

IoT-BASED NOISE LEVEL MONITORING SYSTEM FOR THE LIBRARY OF UNIVERSITY MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA REAL TIME USING A SOUND SENSOR

ABSTRACT

The library is one of the main supporting facilities in academic activities, functioning as a center for information sources, independent learning, and literacy development for the academic community. Libraries are required to provide a calm, comfortable, and conducive atmosphere. Generally, noise control in libraries is still done manually. The development of Internet of Things (IoT) technology opens up opportunities to address these issues. IoT enables the integration of sensors, microcontrollers, and the internet network so that data can be collected, processed, and monitored in real time. The method used is engineering research, focusing on the design, construction, and testing process of a system or prototype to solve a specific problem technically. This research is conducted thru several main stages, namely problem identification, system design, hardware and software implementation, system testing, and analysis of test results. This stage involves the assembly of components such as the KY-037 sound sensor, ESP32 microcontroller, LED, and internet network connection configuration. Software implementation is carried out by uploading the program to the ESP32 and connecting it to the IoT monitoring platform. The stage of data presentation obtained from the testing process conducted on the Internet of Things (IoT)-based noise monitoring system. The testing was carried out to determine the system's performance in detecting noise levels, processing sensor data, and providing real-time responses to environmental conditions. The values produced by the sensor are in the form of analog data, which is then converted by the ESP32 into digital values. The test results show that the system can read noise levels in several areas of the library. The system is also capable of providing automatic responses in the form of LED indicators and warning lights when the noise level exceeds the normal limit.

Keywords: Internet of Things; KY-037; ESP-32.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PENYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PENYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II. LANDASAN TEORI	7
2.1. Perpustakaan	7
2.2. Standard Kebisingan	9
2.3. Tingkat Kebisingan dan Dampaknya	10
2.4. <i>Internet of Things</i> (IoT).....	12
2.5. Sensor Suara.....	16
2.6. Mikrokontroler	20
2.7. Sistem Monitoring.....	23
2.8. Media dan Platform Monitoring	27
2.9. Penelitian Terkait	30
2.10. Kerangka Pemikiran	32
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1. Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	35
3.2. Tahapan Penelitian	39
3.3. Waktu dan Waktu Penelitian.....	41
3.4. Alat dan Bahan Penelitian	44
3.5. Perancangan Sistem.....	46
3.6. Perancangan Perangkat Keras	47
3.7. Perancangan Perangkat Lunak	50
3.8. Prosedur Pengujian Sistem	55
3.8.1. Tahapan Pengujian Sistem	56
3.8.2. Pengujian Perangkat Keras.....	56
3.8.3. Pengujian Perangkat Lunak.....	57
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	59
4.1. Implementasi Sistem	59
4.2. Implementasi Perangkat Keras.....	62
4.3. Implementasi Perangkat Lunak.....	65
4.4. Hasil Pengujian Sistem	68
4.5. Analisis Pengujian Sistem.....	73
4.6. Evaluasi Hasil.....	76
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	79

5.1. Kesimpulan	79
5.2. Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

TABEL 2.1	Komponen Utama Sistem <i>Internet of Things</i> (IoT)	14
TABEL 2.2	Spesifikasi Sensor Suara KY-037.....	18
TABEL 2.3	Spesifikasi Mikrokontroler ESP32.....	21
TABEL 2.4	Karakteristik Sistem Monitoring Kebisingan.....	27
TABEL 2.5	Keunggulan Web Dashboard Platform IoT.....	28
TABEL 2.6	Ringkasan Penelitian Terkait.....	32
TABEL 3.1	Klasifikasi Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	35
TABEL 3.2	Tahapan Penelitian.....	39
TABEL 3.3	Jadwal Penelitian.....	42
TABEL 3.4	Lokasi Penelitian.....	43
TABEL 3.5	Alat Penelitian.....	44
TABEL 3.6	Bahan Penelitian.....	45
TABEL 3.7	Komponen Perangkat Keras.....	49
TABEL 3.8	Tahapan Pengujian Sistem.....	56
TABEL 3.9	Skenario Pengujian Suara Perangkat Keras.....	57
TABEL 3.10	Jenis dan Sumber Data Penelitian.....	58
TABEL 4.1	Nilai Intensitas Suara	69
TABEL 4.2	Hasil Pengujian Tingkat Kebisingan Di Area Perpustakaan.....	74
TABEL 4.3	Evaluasi Sistem Monitoring Kebisingan.....	78

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2.1	Diagram Blok Sistem.....	14
GAMBAR 2.2	Perangkat Keras Sensor Suara KY-037.....	19
GAMBAR 2.3	<i>Hardware</i> ESP32.....	22
GAMBAR 2.4	Alur Sistem Monitoring.....	25
GAMBAR 2.5	Contoh Monitoring Dashboard.....	30
GAMBAR 2.6	Kerangka Pemikiran.....	34
GAMBAR 3.1	Alur Penelitian.....	37
GAMBAR 3.2	<i>Prototype</i> Perancangan Perangkat.....	47
GAMBAR 3.3	Desain Cirkuit.....	48
GAMBAR 3.4	Diagram Blok Perangkat Keras	50
GAMBAR 3.5	Alur Perangkat Lunak	51
GAMBAR 3.6	Ilustrasi <i>Wireframe</i> Monitoring Suara.....	52
GAMBAR 3.7	<i>Wireframe</i> Monitoring.....	54
GAMBAR 4.1	Diagram Blok Sistem	60
GAMBAR 4.2	<i>Interface</i> Web Monitoring Data.....	61
GAMBAR 4.3	Perangkat Keras Monitoring Suara.....	63
GAMBAR 4.4	Implementasi <i>Wiring</i> Antar Perangkat.....	64
GAMBAR 4.5	Alur Kerja Sistem	66
GAMBAR 4.6	Potongan Kode Program	67
GAMBAR 4.7	Grafik Intensitas Suara.....	70
GAMBAR 4.8	Pengujian Alat Ketika Kondisi Normal.....	71
GAMBAR 4.9	Alat Ketika Aktif.....	72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perpustakaan merupakan salah satu sarana pendukung utama dalam kegiatan akademik yang berfungsi sebagai pusat sumber informasi, pembelajaran mandiri, serta pengembangan literasi bagi sivitas akademika. Dalam konteks lingkungan pendidikan, perpustakaan dituntut untuk menyediakan suasana yang tenang, nyaman, dan kondusif agar pengguna dapat berkonsentrasi secara optimal dalam membaca maupun melakukan aktivitas ilmiah lainnya. Kondisi lingkungan yang tidak mendukung, khususnya dari aspek kebisingan, dapat mengurangi tingkat kenyamanan dan efektivitas pemanfaatan perpustakaan sebagai ruang belajar (Mirjaz et al., 2024).

Meskipun penelitian mengenai kondisi dan kenyamanan lingkungan Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) telah dilakukan, kajian yang secara khusus membahas monitoring tingkat kebisingan berbasis *Internet of Things* (IoT) masih terbatas. Sirait al., (2022) mengkaji penerapan konsep ergonomi di Perpustakaan UMSU dan menunjukkan bahwa kondisi lingkungan secara umum telah memberikan kenyamanan bagi pemustaka, meskipun masih terdapat aspek lingkungan yang perlu dievaluasi. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pemantauan lingkungan yang lebih objektif, khususnya terhadap tingkat kebisingan. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem monitoring tingkat kebisingan ruang perpustakaan UMSU berbasis IoT yang mampu mengukur intensitas suara secara *real-time*,

memberikan indikator peringatan ketika kebisingan melebihi ambang batas, serta menyediakan data pemantauan sebagai dasar evaluasi kondisi kebisingan perpustakaan. Penelitian ini diharapkan dapat melengkapi penelitian terdahulu melalui penerapan *monitoring* kebisingan yang kontinu dan berbasis teknologi IoT.

Sinuhaji, (2023) mengembangkan sistem yang tidak hanya memantau tingkat kebisingan, tetapi juga jumlah pengunjung dan kendali intensitas cahaya perpustakaan menggunakan teknologi IoT. Sistem ini menggunakan sensor suara untuk menangkap data kebisingan dan mengirimkannya ke *platform monitoring* yang dapat diakses melalui *smartphone* oleh pengelola perpustakaan. Pendekatan terintegrasi semacam ini memungkinkan perpustakaan memahami hubungan antara volume pengunjung dan intensitas kebisingan secara lebih komprehensif, sehingga pengelolaan kenyamanan ruang belajar dapat dilakukan secara menyeluruh. Penelitian lain yang dilakukan oleh (Damanik & Kirana, 2022) juga membuktikan bahwa sistem monitoring kebisingan berbasis mikrokontroler dan sensor suara dapat memberikan informasi tingkat kebisingan secara objektif dan mudah dipantau oleh pengelola perpustakaan.

Menurut (Ni'am & Irawan, 2024) ESP32 adalah mikrokontroler dengan kemampuan konektivitas Wi-Fi yang sering digunakan dalam sistem IoT untuk mengumpulkan data sensor dan mengirimkannya ke internet secara langsung. Sensor suara (misalnya KY-037) dipakai untuk membaca intensitas suara di lingkungan fisik. Ketika mikrofon ini terhubung ke ESP32 dan dikombinasikan dengan perangkat lunak IoT (server web, Blynk, dll.), sistem dapat mengukur dan mengirim nilai kebisingan secara *real-time*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka penelitian ini dapat dirumuskan:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem yang mampu mendeteksi tingkat kebisingan di perpustakaan menggunakan sensor suara KY-037 dan mikrokontroler ESP32?
2. Bagaimana cara mengolah data hasil pembacaan sensor untuk menentukan ambang batas kebisingan yang dapat dijadikan indikator keributan sesuai tingkat kebisingan perpustakaan UMSU?
3. Bagaimana sistem dapat memberikan peringatan dini secara otomatis, baik melalui monitor led dan lampu, maupun notifikasi berbasis IoT, ketika tingkat kebisingan melebihi ambang batas yang ditetapkan?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan permasalahan yang dibahas agar dapat menyelesaikan permasalahan utama. Berikut ini batasan masalah penelitian ini:

1. Sistem hanya difokuskan pada pengukuran tingkat kebisingan suara di ruang perpustakaan, tanpa melakukan identifikasi jenis sumber suara. Data kebisingan diperoleh berdasarkan nilai intensitas suara dari sensor KY-037.
2. Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada sensor suara KY-037 dan mikrokontroler ESP32, tanpa melakukan perbandingan dengan sensor atau mikrokontroler jenis lain.
3. Penentuan ambang batas kebisingan dilakukan secara manual berdasarkan hasil pengujian awal, tanpa menggunakan alat ukur kebisingan standar (*sound level meter*) untuk kalibrasi profesional.

4. Sistem peringatan dini dibatasi pada penggunaan LED indikator, dan notifikasi melalui *platform* IoT seperti Web Dashboard via MQTT, tanpa mencakup pengiriman SMS, email, atau integrasi aplikasi pihak ketiga.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah prototipe sistem deteksi kebisingan berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memantau tingkat suara di ruang kelas secara *real-time* dan memberikan peringatan dini ketika terjadi keributan. Secara lebih spesifik, hasil penelitian yang diharapkan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sebuah alat deteksi suara bising menggunakan sensor KY-037 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32, sehingga mampu membaca intensitas suara di lingkungan perpustakaan.
2. Bagaimana mengimplementasi kan sistem pemantauan kebisingan berbasis IoT yang dapat menampilkan data tingkat suara secara *real-time* melalui *platform* seperti Web Dashboard via MQTT, sehingga pengguna dapat mengawasi kondisi ruang perpustakaan dari jarak jauh.
3. Bagaimana menguji peringatan otomatis berupa indikator LED & Lampu yang aktif saat kebisingan melebihi ambang batas yang telah ditetapkan

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara praktis maupun akademis bagi berbagai pihak, antara lain sebagai berikut:

1. Manfaat bagi Peneliti

Pengelola perpustakaan, penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam

melakukan pemantauan tingkat kebisingan secara *real time* sehingga kondisi ketenangan ruang perpustakaan dapat terjaga dengan lebih efektif. Sistem monitoring kebisingan berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dibangun dapat berfungsi sebagai alat bantu peringatan dini terhadap terjadinya keributan, sehingga pengelola tidak perlu melakukan pengawasan secara manual dan terus-menerus. Dengan adanya sistem ini, diharapkan kenyamanan pengunjung dapat meningkat serta kualitas layanan perpustakaan menjadi lebih baik.

2. Manfaat bagi Mitra

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pemahaman mengenai penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT), khususnya dalam perancangan dan implementasi sistem monitoring lingkungan menggunakan sensor suara dan mikrokontroler ESP32. Penelitian ini juga menjadi sarana bagi mahasiswa untuk mengaplikasikan teori yang telah diperoleh selama perkuliahan ke dalam bentuk sistem nyata, sekaligus melatih kemampuan dalam mengintegrasikan perangkat keras, perangkat lunak, dan jaringan komunikasi data. Selain itu, hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi bagi mahasiswa lain yang tertarik mengembangkan penelitian dengan topik sejenis.

3. Manfaat bagi Universitas

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan penelitian terapan yang mendukung pemanfaatan teknologi di lingkungan akademik. Hasil penelitian ini dapat menambah koleksi karya ilmiah mahasiswa yang dapat dijadikan referensi dan bahan pengembangan

penelitian selanjutnya. Selain itu, penerapan sistem monitoring kebisingan berbasis IoT ini juga dapat mendukung konsep pengembangan kampus cerdas serta meningkatkan citra universitas.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Perpustakaan

Perpustakaan merupakan fasilitas pendidikan yang berperan penting sebagai pusat literasi, penelitian, dan pembelajaran. Kegiatan belajar dan membaca di perpustakaan secara fundamental membutuhkan suasana tenang dan kondusif untuk mencapai konsentrasi optimal. Kebisingan, yang merupakan suara tidak diinginkan yang dapat mengganggu kenyamanan audial, sering kali muncul dari aktivitas pengunjung atau lingkungan sekitar yang tidak diatur dengan baik (Mirjaz et al., 2024). Penelitian di Perpustakaan Lantai 8 *Smart Building* Universitas Komputer Indonesia menunjukkan bahwa tingkat kebisingan yang terjadi melebihi standar kenyamanan sehingga berpotensi mengganggu efektivitas pembelajaran dan kenyamanan pengguna perpustakaan.

Perpustakaan juga memiliki dimensi fungsional yang signifikan dalam mendukung pengembangan literasi informasi, pembelajaran mandiri, serta akselerasi pengetahuan. Sebagai contoh, perpustakaan merupakan tempat siswa/mahasiswa mengakses sumber belajar secara langsung, melakukan kajian literatur untuk tugas, penelitian, atau pengembangan keilmuan lain. Keberadaan perpustakaan juga berkontribusi terhadap peningkatan minat baca, keterampilan pencarian informasi, serta kemampuan kritis pengguna terhadap sumber ilmiah yang tersedia.

Selain sebagai pusat literasi, perpustakaan modern juga mengalami pergeseran fungsi menjadi ruang publik yang bersifat multifungsi. (Sirait et al., 2022) menjelaskan bahwa perpustakaan saat ini tidak hanya dimanfaatkan untuk

membaca, tetapi juga untuk diskusi kelompok, kegiatan akademik, dan pemanfaatan fasilitas digital, sebagaimana juga diperkuat oleh (Putri et al., 2025) yang menekankan pentingnya inovasi layanan berbasis teknologi dalam menjadikan perpustakaan sebagai ruang yang nyaman dan multifungsi. Aktivitas yang beragam tersebut berpotensi meningkatkan tingkat kebisingan apabila tidak dikelola dengan baik, sehingga diperlukan mekanisme pengawasan lingkungan yang efektif.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Ximenes et al., 2022), disebutkan bahwa tingkat kebisingan yang melebihi batas standar dapat menurunkan kenyamanan pengguna perpustakaan dan berpotensi menimbulkan keluhan dari pengunjung. Penelitian tersebut menekankan pentingnya pengelolaan kebisingan sebagai bagian dari manajemen fasilitas perpustakaan, khususnya pada ruang baca dan ruang belajar individual.

Seiring dengan perkembangan teknologi, pengelolaan lingkungan perpustakaan mulai diarahkan pada pemanfaatan sistem berbasis teknologi informasi. (Ritonga, 2025) menyatakan bahwa penerapan sistem *monitoring* berbasis teknologi mampu membantu pengelola fasilitas dalam melakukan pengawasan kondisi lingkungan secara berkelanjutan dan objektif. Hal ini menjadi relevan dalam konteks pengendalian kebisingan, di mana pengukuran manual dinilai kurang efektif untuk pemantauan jangka panjang.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa perpustakaan merupakan lingkungan belajar yang menuntut kondisi akustik yang terkendali. Tingkat kebisingan yang tidak terkelola dengan baik dapat mengurangi fungsi utama perpustakaan sebagai ruang belajar yang nyaman. Oleh karena itu,

diperlukan suatu sistem yang mampu memantau tingkat kebisingan secara *real-time* guna mendukung pengelolaan lingkungan perpustakaan yang lebih efektif dan berbasis data.

2.2. Kebisingan

Kebisingan merupakan suara yang tidak diinginkan dan dapat mengganggu kenyamanan serta kesehatan manusia apabila intensitasnya tinggi atau berlangsung terus-menerus. Kebisingan dapat berasal dari berbagai sumber seperti aktivitas sosial masyarakat, lingkungan binaan, atau penggunaan pengeras suara (Siddik et al., 2026).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kebisingan memiliki dampak signifikan terhadap kinerja kognitif. (Ni'am & Irawan., 2024) menyatakan bahwa paparan kebisingan dengan intensitas tertentu dapat menurunkan tingkat fokus, memperlambat pemrosesan informasi, serta meningkatkan kelelahan mental. Kondisi ini menjadi lebih krusial pada ruang yang dirancang untuk aktivitas membaca dan belajar, di mana tingkat konsentrasi tinggi sangat dibutuhkan.

Kebisingan di ruang perpustakaan umumnya bersumber dari aktivitas manusia maupun lingkungan sekitar. (Damanik & Kirana, 2022) mengelompokkan sumber kebisingan di ruang perpustakaan menjadi kebisingan internal dan eksternal. Kebisingan internal meliputi percakapan pengunjung, suara langkah kaki, serta penggunaan perangkat elektronik, sedangkan kebisingan eksternal berasal dari lalu lintas, aktivitas bangunan sekitar, atau sumber suara dari luar gedung, sebagaimana ditemukan oleh (Ximenes et al., 2022) yang mencatat tingginya aktivitas kendaraan di sekitar perpustakaan sebagai

kontributor kebisingan eksternal. Akumulasi dari sumber-sumber tersebut dapat menyebabkan tingkat kebisingan melampaui batas kenyamanan yang dianjurkan.

Dalam studi lain, (Wilani et al., 2023) menegaskan bahwa kebisingan yang tidak terkontrol di perpustakaan dapat memicu ketidakpuasan pengunjung dan menurunkan minat kunjungan. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa sebagian besar pengelola perpustakaan masih mengandalkan pengawasan manual, seperti teguran langsung, yang dinilai kurang efektif karena bersifat subjektif dan tidak berkelanjutan.

Penelitian lain oleh Amarta, Putrada dan Suwastika pada *Open Library* Telkom University juga menggunakan 55 dB(A) sebagai batas kebisingan perpustakaan. Penelitian tersebut menerapkan konsep *Equivalent Continuous Sound Level* (Leq) untuk melakukan pengukuran kebisingan dan mengirimkan hasil pengukuran ke *platform* ThingSpeak. Hasil penelitian menunjukkan tingkat kebisingan selama pengamatan berada di bawah batas 55 dB(A), sehingga kondisi kebisingan yang diamati masih memenuhi standar yang digunakan dalam penelitian tersebut.

Berdasarkan uraian tersebut, kebisingan merupakan permasalahan lingkungan yang memiliki dampak langsung terhadap kenyamanan dan efektivitas fungsi perpustakaan sebagai ruang belajar. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu memantau dan merekam tingkat kebisingan secara berkelanjutan sebagai dasar dalam pengelolaan lingkungan perpustakaan yang lebih terstruktur dan berbasis data.

2.3. Tingkat Kebisingan

Secara fisika, tingkat kebisingan dihitung berdasarkan perbandingan antara tekanan bunyi yang terukur dengan tekanan bunyi referensi. Desibel (dB) merupakan satuan logaritmik yang digunakan untuk menyatakan tingkat atau level tekanan/intensitas suara. Penggunaan skala desibel memungkinkan besarnya suara yang memiliki rentang sangat luas dinyatakan dalam bentuk angka yang lebih sederhana. Dalam penelitian mengenai tingkat kebisingan, nilai desibel digunakan sebagai parameter untuk mengukur dan membandingkan tingkat suara yang terdapat pada suatu lingkungan (Siddik et al., 2026)

Penelitian lain relevan dari (Ximenes et al., 2022) mengukur tingkat kebisingan di lingkungan Dinas Kearsipan dan Perpustakaan Provinsi Nusa Tenggara Timur menggunakan *Sound Level Meter* digital. Hasil pengukuran menunjukkan nilai rata-rata kebisingan jauh melebihi baku mutu yang direkomendasikan (55 dB(A)) sesuai dengan KepMen LH No. 48/1996 tentang kebisingan kawasan sekolah dan sejenisnya, yang relevan juga sebagai referensi untuk ruang perpustakaan.

Dalam penelitian lingkungan belajar, tingkat kebisingan sering diklasifikasikan berdasarkan rentang nilai desibel dan dampaknya terhadap aktivitas manusia. (Sirait et al., 2022) menyatakan bahwa suara dengan tingkat kebisingan rendah cenderung tidak mengganggu aktivitas kognitif, sedangkan tingkat kebisingan sedang hingga tinggi dapat menurunkan konsentrasi dan meningkatkan stres. Oleh karena itu, pemahaman terhadap klasifikasi tingkat kebisingan menjadi dasar dalam menentukan ambang batas sistem *monitoring*.

Beberapa studi menunjukkan bahwa ruang perpustakaan idealnya berada pada tingkat kebisingan rendah. (Damanik & Kirana, 2022) mengungkapkan bahwa tingkat kebisingan yang melebihi batas rekomendasi dapat menurunkan kenyamanan pengunjung dan mengganggu aktivitas membaca. Penelitian tersebut menekankan pentingnya pemantauan tingkat kebisingan secara berkelanjutan, khususnya pada jam operasional dengan kepadatan pengunjung tinggi.

Selain itu, (Ritonga, 2025) menegaskan bahwa data tingkat kebisingan yang diperoleh secara *real-time* dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan ruang perpustakaan. Informasi tersebut memungkinkan pengelola untuk melakukan evaluasi kondisi lingkungan secara objektif serta menetapkan kebijakan pengendalian kebisingan yang lebih efektif dan berbasis data.

Berdasarkan uraian tersebut, tingkat kebisingan merupakan parameter utama dalam menilai kualitas lingkungan akustik perpustakaan. Pengukuran dan pemantauan tingkat kebisingan secara sistematis menjadi kebutuhan penting untuk mendukung terciptanya suasana belajar yang kondusif. Sistem *monitoring* tingkat kebisingan berbasis teknologi diperlukan sebagai solusi dalam mengelola kondisi lingkungan perpustakaan secara *real-time* dan berkelanjutan.

2.4. Internet of Things (IoT)

Penelitian terkini dari (Sitopu et al., 2024) mendefinisikan *Internet of Things* sebagai suatu konsep teknologi yang memungkinkan perangkat atau "*things*" untuk terhubung melalui jaringan internet sehingga mampu berkomunikasi, berbagi data, dan melakukan tugas secara otomatis. IoT tidak hanya sekadar konektivitas internet biasa, tetapi membawa kemampuan adaptif

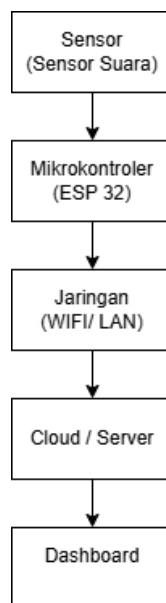
dan respon terhadap perubahan lingkungan melalui data yang dikumpulkan oleh sensor dan diproses oleh sistem. Menurut (Sitopu et al., 2024), IoT berperan sebagai kerangka kerja transformasi digital yang tidak hanya menghubungkan perangkat, tetapi juga memungkinkan perangkat mengambil keputusan otomatis berdasarkan parameter kondisi lingkungan yang dipantau, seperti pada sistem pemantauan *real-time* di *smart devices* (perangkat pintar).

Secara konseptual, IoT bekerja dengan memanfaatkan sensor sebagai alat akuisisi data dari lingkungan fisik, yang kemudian data tersebut diproses oleh mikrokontroler dan dikirimkan melalui jaringan komunikasi menuju *platform server* atau *cloud*. Data yang telah tersimpan dapat dianalisis dan divisualisasikan dalam bentuk dashboard monitoring sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pengambilan keputusan. Menurut penelitian terbaru, penerapan IoT sangat efektif dalam sistem monitoring lingkungan karena mampu menyediakan data yang kontinu, akurat, dan dapat diakses secara jarak jauh (Susanto et al., 2021).

Dalam konteks monitoring kebisingan ruang perpustakaan, IoT berperan sebagai fondasi utama sistem yang memungkinkan pengukuran tingkat kebisingan dilakukan secara otomatis dan *real time*. Dengan memanfaatkan jaringan internet, data intensitas suara yang diperoleh dari sensor dapat dikirimkan langsung ke *platform monitoring* tanpa perlu proses pencatatan manual. Hal ini menjadikan IoT sebagai solusi yang efisien dalam mengawasi kondisi lingkungan belajar yang membutuhkan tingkat ketenangan tertentu. Penelitian oleh (Siddik et al., 2026) menyebutkan bahwa sistem *monitoring* berbasis IoT mampu meningkatkan

efektivitas pengawasan lingkungan pendidikan karena bersifat responsif dan mudah diintegrasikan dengan sistem peringatan dini.

Arsitektur sistem IoT umumnya terdiri dari beberapa lapisan utama, yaitu lapisan persepsi (*perception layer*), lapisan jaringan (*network layer*), dan lapisan aplikasi (*application layer*). Lapisan persepsi bertugas melakukan penginderaan lingkungan melalui sensor, lapisan jaringan berfungsi mengirimkan data melalui media komunikasi seperti WiFi atau internet, sedangkan lapisan aplikasi bertanggung jawab dalam pengolahan data dan penyajian informasi kepada pengguna. Struktur arsitektur ini memungkinkan sistem IoT dikembangkan secara modular dan fleksibel sesuai kebutuhan aplikasi. Studi oleh (Ritonga, 2025) menegaskan bahwa pembagian lapisan pada arsitektur IoT mempermudah proses pengembangan dan pemeliharaan sistem *monitoring* berbasis sensor.



Gambar 2. 1 Diagram Blok Sistem

Tabel 2. 1 Komponen Utama Sistem *Internet of Things* (IoT)

No	Komponen Sistem	Fungsi Utama	Peran dalam Penelitian
----	-----------------	--------------	------------------------

1	Sensor	Mengindra dan menangkap data dari lingkungan fisik	Sensor suara KY-037 digunakan untuk mendeteksi intensitas kebisingan di ruang perpustakaan
2	Mikrokontroler	Mengolah data hasil pembacaan sensor dan mengendalikan sistem	ESP32 berfungsi sebagai pusat pengolahan data sekaligus penghubung ke jaringan internet
3	Media Komunikasi	Mengirimkan data dari perangkat ke server atau <i>cloud</i>	Modul WiFi pada ESP32 digunakan untuk mengirim data kebisingan secara <i>real time</i>
4	Server / <i>Cloud</i>	Menyimpan dan mengelola data yang dikirim oleh perangkat IoT	Platform IoT seperti <i>Web Dashboard</i> via MQTT digunakan untuk penyimpanan dan pengolahan data
5	Aplikasi / <i>Dashboard</i>	Menampilkan data dalam bentuk visual agar mudah dipantau	<i>Dashboard monitoring</i> menampilkan grafik dan nilai tingkat kebisingan secara <i>real time</i>
6	Aktuator	Memberikan respon fisik berdasarkan kondisi tertentu	LED berfungsi sebagai indikator peringatan dini saat kebisingan melebihi ambang batas

Penerapan IoT dalam sistem *monitoring* kebisingan memiliki keunggulan dibandingkan sistem konvensional, terutama dari sisi efisiensi, kecepatan respon, dan skalabilitas sistem. IoT memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan dilakukan secara terus-menerus tanpa keterlibatan operator secara langsung. Selain itu, data historis kebisingan dapat disimpan dan dianalisis untuk mendukung evaluasi kualitas lingkungan perpustakaan dalam jangka panjang.

Dengan demikian, IoT tidak hanya berfungsi sebagai alat *monitoring*, tetapi juga sebagai sistem pendukung pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven decision making*).

Berdasarkan berbagai penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa IoT merupakan teknologi yang sangat relevan dan tepat digunakan dalam penelitian ini, khususnya untuk mendukung sistem *monitoring* tingkat kebisingan ruang perpustakaan secara *real time*. Integrasi IoT dengan sensor suara dan mikrokontroler memungkinkan sistem bekerja secara otomatis, efisien, dan adaptif terhadap kondisi lingkungan, sehingga selaras dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai.

2.5. Sensor Suara

Sensor suara merupakan suatu *transduser* yang berfungsi untuk mengubah gelombang suara dari lingkungan menjadi sinyal listrik yang dapat diproses lebih lanjut oleh sistem elektronika atau mikrokontroler. Prinsip kerja dasar sensor ini adalah berdasarkan sensitivitas terhadap perubahan tekanan suara di udara yang mengenai permukaan mikrofon, sehingga sinyal analog yang dihasilkan berkaitan dengan besar kecilnya suara yang diterima (Wilani et al., 2023).

Dalam sistem *monitoring* kebisingan, sensor suara berperan sebagai komponen utama pada lapisan akuisisi data (*perception layer*). Sensor ini bertugas menangkap intensitas suara lingkungan dan mengirimkan nilai hasil pembacaan ke mikrokontroler untuk diolah lebih lanjut. Menurut penelitian oleh (Ritonga, 2025), penggunaan sensor suara dalam sistem *monitoring* memungkinkan pengukuran tingkat kebisingan dilakukan secara kontinu dan *real time*, sehingga

sangat sesuai untuk aplikasi lingkungan yang membutuhkan pengawasan tingkat ketenangan.

Sensor suara bekerja dengan prinsip mengubah gelombang suara menjadi sinyal listrik yang dapat diproses oleh sistem digital. Gelombang suara yang diterima oleh mikrofon akan diubah menjadi getaran mekanik, kemudian dikonversi menjadi sinyal analog yang nilainya merepresentasikan intensitas suara. Nilai ini selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar pengukuran tingkat kebisingan lingkungan (Damanik & Kirana, 2022). Secara umum, sensor suara memiliki prinsip kerja sebagai berikut:

1. Gelombang suara dari lingkungan diterima oleh mikrofon.
2. Mikrofon mengubah gelombang suara menjadi sinyal listrik analog.
3. Sinyal analog diperkuat oleh rangkaian penguat (*amplifier*).
4. Sinyal keluaran dibaca oleh mikrokontroler melalui pin analog.
5. Nilai hasil pembacaan digunakan untuk menentukan tingkat kebisingan.

Prinsip kerja ini banyak diterapkan pada sistem *monitoring* kebisingan berbasis mikrokontroler karena sederhana, mudah diimplementasikan, dan memiliki respon yang cukup cepat terhadap perubahan suara (Siddik et al., 2026).

Beberapa karakteristik utama sensor suara KY-037 yang relevan dengan penelitian ini antara lain:

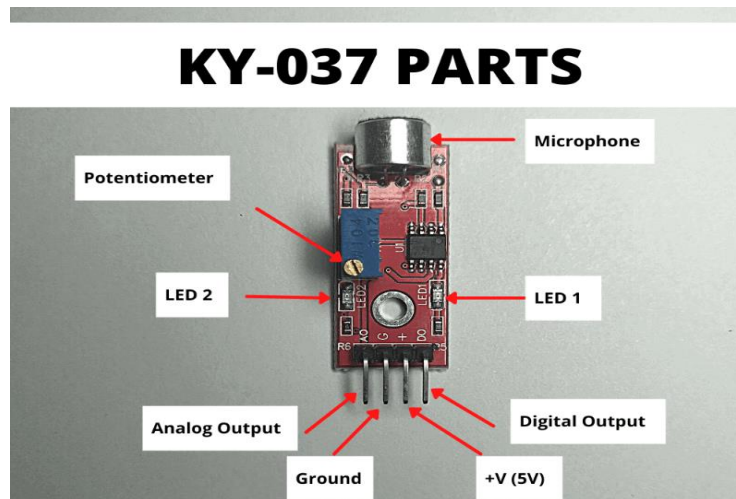
1. Mampu mendeteksi perubahan intensitas suara lingkungan.
2. Memiliki sensitivitas yang dapat diatur melalui trimpot.
3. Menghasilkan sinyal analog yang dapat dibaca oleh ESP32.
4. Cocok digunakan untuk aplikasi monitoring kebisingan skala kecil hingga menengah.

Penggunaan sensor KY-037 dalam sistem *monitoring* kebisingan telah banyak diterapkan pada penelitian sebelumnya dan terbukti mampu memberikan hasil pembacaan yang stabil untuk keperluan pemantauan lingkungan (Ni'am & Irawan, 2024).

Penelitian oleh (Ni'am & Irawan, 2024) menunjukkan bahwa sensor KY-037 cukup efektif digunakan dalam sistem *monitoring* kebisingan berbasis mikrokontroler karena harganya relatif terjangkau dan mudah diimplementasikan.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Sensor Suara KY-37

Parameter	Keterangan
Tipe Sensor	Mikrofon electret
Tegangan Operasi	3,3 – 5 V
Output	Analog dan Digital
Sensitivitas	Dapat diatur melalui potensiometer
Rentang Deteksi	Suara lingkungan (kebisingan rendah–tinggi)
<i>Interface</i>	Analog (ADC) dan Digital (GPIO)
Aplikasi Umum	Deteksi kebisingan, sistem peringatan dini



Sumber: <https://thecircuitmaker.com>

Gambar 2. 2 perangkat keras sensor suara KY-037

Meskipun demikian, sensor KY-037 memiliki keterbatasan, terutama dalam hal akurasi pengukuran tingkat kebisingan jika dibandingkan dengan *sound level meter profesional*. Sensor ini tidak secara langsung menghasilkan satuan desibel (dB), melainkan nilai tegangan analog yang merepresentasikan intensitas suara. Oleh karena itu, diperlukan proses pengujian dan penentuan ambang batas secara manual agar sistem dapat membedakan kondisi normal dan kondisi bising. Hal ini sejalan dengan temuan (Ni & Irawan, 2024) yang menyatakan bahwa sensor suara berbasis mikrofon elektret lebih sesuai untuk sistem peringatan dini dibandingkan pengukuran kebisingan presisi tinggi.

Penggunaan sensor suara KY-037 dalam penelitian ini dinilai relevan karena tujuan sistem difokuskan pada pemantauan dan pemberian peringatan dini kebisingan, bukan pada pengukuran tingkat kebisingan secara standar akustik. Dengan integrasi sensor suara dan mikrokontroler ESP32, sistem mampu mendeteksi perubahan intensitas suara dan mengirimkan data tersebut ke *platform*

IoT secara *real time*, sehingga mendukung terciptanya lingkungan perpustakaan yang kondusif.

2.6. Mikrokontroler

Secara umum, mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer mini yang terintegrasi dalam satu chip dan terdiri dari unit pemroses (CPU), memori, serta antarmuka *input/output* (I/O). Keberadaan mikrokontroler memungkinkan sistem bekerja secara mandiri, efisien, dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan (Damanik & Kirana, 2022).

Secara konseptual, sistem *monitoring* suara bekerja dengan mengonversi gelombang suara di lingkungan menjadi sinyal listrik melalui sensor suara. Sinyal tersebut kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk menentukan nilai intensitas suara berdasarkan parameter tertentu. Data hasil pengolahan selanjutnya ditampilkan atau dikirimkan ke sistem *monitoring* berbasis IoT untuk dianalisis dan dipantau secara *real-time* (Wilani et al., 2023). Menurut penelitian (Ritonga, 2025), pemilihan mikrokontroler yang tepat sangat mempengaruhi performa sistem IoT, terutama dalam hal kecepatan pemrosesan data, efisiensi daya, dan stabilitas komunikasi jaringan.

Pada penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32, yaitu mikrokontroler berbasis *System on Chip* (SoC) yang dikembangkan oleh Espressif Systems. ESP32 memiliki keunggulan utama berupa modul WiFi dan *Bluetooth* yang terintegrasi dalam satu chip, sehingga sangat mendukung pengembangan sistem IoT tanpa memerlukan modul komunikasi tambahan. Selain itu, ESP32 memiliki kemampuan pemrosesan yang lebih tinggi dibandingkan mikrokontroler konvensional seperti Arduino Uno. Penelitian oleh (Ni & Irawam, 2024)

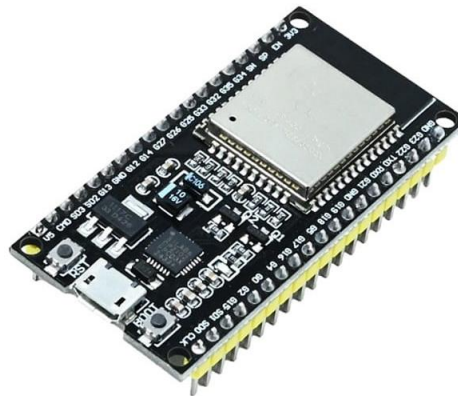
menunjukkan bahwa ESP32 sangat efektif digunakan pada sistem monitoring *real time* karena mendukung komunikasi data yang cepat dan stabil.

Tabel 2. 3 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32

Parameter	Keterangan
Tipe Mikrokontroler	ESP32
Arsitektur	32-bit
Prosesor	Dual-core Xtensa
Frekuensi <i>Clock</i>	Hingga 240 MHz
Tegangan Operasi	3,3 V
Konektivitas	WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth
ADC	12-bit
GPIO	Mendukung input dan output digital

ESP32 dilengkapi dengan prosesor *dual-core*, memori yang relatif besar, serta banyak pin input/output yang mendukung komunikasi analog maupun digital. Fitur *Analog to Digital Converter* (ADC) pada ESP32 memungkinkan pembacaan data analog dari sensor suara KY-037 secara langsung. Data hasil pembacaan tersebut kemudian diproses dan dikirimkan ke *platform* IoT melalui koneksi WiFi. Menurut (Ni'am & Irawan, 2024), kemampuan ESP32 dalam menangani pembacaan sensor dan transmisi data secara simultan menjadikannya pilihan yang tepat untuk sistem monitoring berbasis IoT.

Berikut dibawah ini merupakan gambar board perangkat keras ESP32



Sumber: <https://static.insales-cdn.com>

Gambar 2. 3 Hardware ESP32

Dalam sistem *monitoring* kebisingan ruang perpustakaan, ESP32 berperan sebagai pengendali utama yang mengintegrasikan sensor suara, sistem peringatan dini, dan *platform monitoring* IoT. ESP32 menerima data intensitas suara dari sensor, membandingkannya dengan nilai ambang batas yang telah ditentukan, kemudian mengaktifkan indikator peringatan berupa LED jika tingkat kebisingan melebihi batas yang diizinkan. Selain itu, ESP32 juga mengirimkan data kebisingan ke server atau *cloud* untuk ditampilkan secara *real time* pada *dashboard monitoring*. Dengan peran tersebut, ESP32 menjadi komponen sentral yang menjamin sistem dapat bekerja secara otomatis dan responsif.

Mekanisme kerja sistem monitoring suara pada penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Sensor suara mendeteksi intensitas suara lingkungan.
2. Sinyal analog dari sensor dikirim ke mikrokontroler.
3. Mikrokontroler mengolah data dan membandingkannya dengan ambang batas kebisingan.

4. Jika nilai kebisingan melebihi ambang batas, sistem akan mengaktifkan indikator peringatan.
5. Data kebisingan dikirimkan ke platform IoT untuk ditampilkan secara *real-time*.

Mekanisme ini memungkinkan pemantauan kebisingan dilakukan secara berkelanjutan dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan (Ritonga, 2025).

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu dan karakteristik teknis yang dimiliki, penggunaan mikrokontroler ESP32 dalam penelitian ini dinilai sesuai dengan kebutuhan sistem monitoring kebisingan berbasis IoT. Keunggulan dari sisi integrasi komunikasi, performa pemrosesan, dan fleksibilitas pengembangan menjadikan ESP32 sebagai solusi yang efektif untuk mendukung tujuan penelitian.

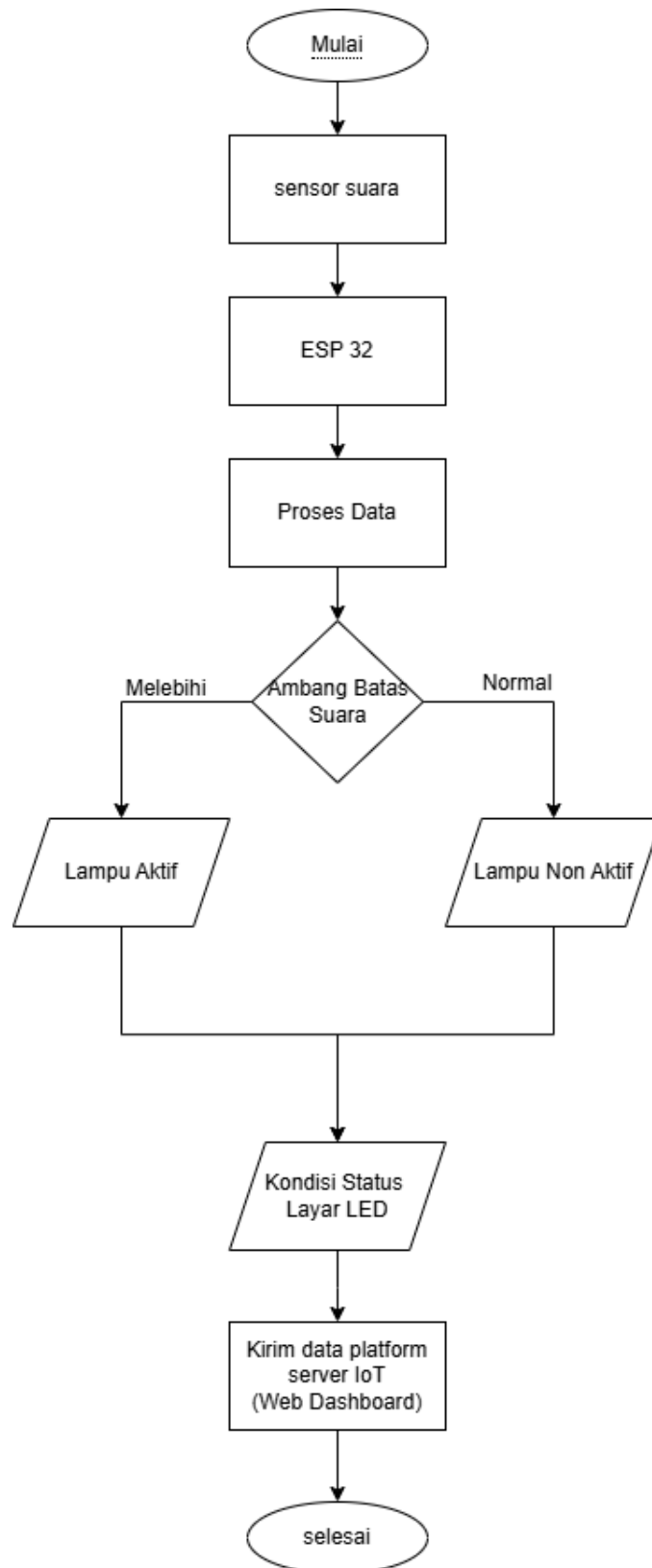
2.7. Sistem Monitoring

Sistem *monitoring* suatu mekanisme yang dirancang untuk melakukan pengamatan, pengukuran, pencatatan, dan penyajian informasi terhadap suatu objek atau kondisi tertentu secara berkelanjutan. Tujuan utama dari sistem *monitoring* adalah memperoleh data yang akurat dan terkini sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi sistem secara *real time* serta melakukan tindakan yang diperlukan apabila terjadi penyimpangan dari kondisi normal. Sistem tersebut memanfaatkan sensor suara sebagai perangkat input, mikrokontroler sebagai pengolah data, serta *platform* IoT sebagai media visualisasi dan penyimpanan data. Dengan adanya sistem *monitoring* suara, tingkat kebisingan dapat diketahui

secara objektif dan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan atau pemberian peringatan dini (Wilani et al., 2023).

Pada perkembangan teknologi saat ini, sistem *monitoring* banyak diimplementasikan dengan pendekatan otomatis dan *real time*, terutama pada sistem berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem monitoring berbasis IoT memungkinkan data dari lingkungan fisik dikumpulkan secara terus-menerus dan dikirimkan melalui jaringan internet ke server atau *platform monitoring*. Menurut penelitian oleh (Ritonga, 2025), sistem *monitoring real time* berbasis IoT mampu meningkatkan efektivitas pengawasan karena informasi dapat diakses kapan saja dan dari mana saja.

Dalam sistem *monitoring* kebisingan, parameter yang diamati adalah tingkat intensitas suara di suatu lingkungan. Sistem bekerja dengan membaca data dari sensor suara, kemudian memproses data tersebut untuk menentukan kondisi lingkungan, apakah berada dalam keadaan normal atau melebihi ambang batas kebisingan yang telah ditentukan. Apabila terjadi kondisi kebisingan berlebih, sistem *monitoring* akan memberikan respons berupa peringatan dini. Penelitian oleh (Azis et al., 2023) menyatakan bahwa sistem *monitoring* kebisingan sangat penting diterapkan pada lingkungan pendidikan karena kebisingan dapat mengganggu konsentrasi dan kualitas aktivitas belajar.



Gambar 2.4 Alur Sistem *Monitoring*

Sistem *monitoring* pada penelitian ini dirancang untuk memantau tingkat kebisingan ruang perpustakaan secara *real time*. Data intensitas suara yang diperoleh dari sensor suara KY-037 diproses oleh mikrokontroler ESP32, kemudian dikirimkan ke *platform* IoT untuk ditampilkan dalam bentuk informasi visual. Selain fungsi pemantauan, sistem ini juga dilengkapi dengan mekanisme peringatan dini berupa LED yang aktif ketika tingkat kebisingan melebihi ambang batas. Dengan demikian, sistem monitoring tidak hanya berfungsi sebagai alat observasi, tetapi juga sebagai sistem responsif terhadap kondisi lingkungan.

Keunggulan sistem *monitoring real time* terletak pada kemampuannya dalam menyediakan data yang bersifat kontinu dan aktual. Data yang tersimpan juga dapat digunakan sebagai bahan evaluasi untuk mengetahui pola kebisingan dalam jangka waktu tertentu. Menurut studi oleh (Ritonga, 2025), sistem *monitoring* yang dilengkapi dengan penyimpanan data historis dapat membantu pengelola fasilitas dalam mengambil keputusan berbasis data, khususnya dalam meningkatkan kualitas lingkungan kerja atau belajar.

Berdasarkan uraian tersebut, sistem *monitoring* merupakan komponen penting dalam penelitian ini karena menjadi kerangka kerja utama yang mengintegrasikan sensor suara, mikrokontroler, sistem peringatan, dan *platform* IoT. Dengan penerapan sistem *monitoring* yang tepat, pemantauan tingkat kebisingan ruang perpustakaan dapat dilakukan secara efektif, efisien, dan berkelanjutan.

Tabel 2.4. Karakteristik Sistem *Monitoring* Kebisingan

Aspek	Keterangan
Objek <i>Monitoring</i>	Tingkat kebisingan ruang perpustakaan
Parameter	Intensitas suara
Metode <i>Monitoring</i>	<i>Real time</i>
Media Pemantauan	<i>Dashboard</i> berbasis IoT
Sistem Peringatan	LED
<i>Output</i> Sistem	Informasi kondisi kebisingan dan peringatan dini

2.8. Media dan *Platform Monitoring*

Media dan *platform monitoring* merujuk pada lapisan atau komponen perangkat lunak yang digunakan untuk mengumpulkan, mengelola, menyimpan, serta menampilkan data yang dikirimkan oleh perangkat IoT (sensor dan aktuator) secara *real-time*. Platform ini juga berfungsi sebagai media komunikasi antara perangkat keras IoT dan pengguna akhir, sehingga memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan atau parameter tertentu melalui *dashboard*, aplikasi web, atau aplikasi *mobile*. Melalui *platform monitoring* IoT, data sensor dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik, tabel, maupun notifikasi sehingga membantu pengambilan keputusan yang cepat dan akurat di berbagai *domain* aplikasi, termasuk dalam sistem monitoring lingkungan seperti perpustakaan, pertanian, atau fasilitas publik lainnya (Ritonga, 2025).

Menurut penelitian oleh (Wilani et al., 2023), penggunaan *platform monitoring* berbasis *cloud* memberikan keunggulan dalam hal aksesibilitas data, skalabilitas sistem, serta kemudahan integrasi dengan berbagai perangkat IoT.

Pada penelitian ini, media dan *platform monitoring* digunakan untuk menampilkan data tingkat kebisingan ruang perpustakaan secara *real time*. *Platform* IoT seperti Web *Dashboard* via MQTT dapat dimanfaatkan untuk menampilkan nilai intensitas suara dalam bentuk grafik dan indikator numerik. *Platform* tersebut juga mendukung pembaruan data secara periodik sehingga pengguna dapat memantau kondisi kebisingan secara kontinu. Penelitian oleh (Ritonga, 2025) menyatakan bahwa *platform* IoT seperti Web *Dashboard* via MQTT sangat cocok digunakan dalam penelitian akademik karena mudah dikonfigurasi dan mendukung visualisasi data *real time*.

Tabel 2.5. Keunggulan Web *Dashboard* sebagai *Platform* IoT

No	Keunggulan	Penjelasan
1	<i>Monitoring Real-time</i>	Menampilkan data hasil pembacaan sensor secara langsung sehingga kondisi sistem dapat dipantau setiap saat.
2	Akses Melalui Browser	<i>Dashboard</i> dapat diakses menggunakan berbagai perangkat seperti laptop maupun smartphone tanpa perlu menginstal aplikasi tambahan.
3	Visualisasi Data	Data sensor disajikan dalam bentuk grafik dan indikator sehingga memudahkan pengguna dalam memahami kondisi sistem.
4	Kontrol Perangkat	Menyediakan fitur untuk mengendalikan relay secara manual melalui tombol ON dan OFF pada dashboard.
5	Penyimpanan Data	Seluruh data monitoring dapat disimpan ke dalam basis data sebagai dokumentasi dan bahan analisis.

6	Riwayat <i>Monitoring</i>	Menampilkan log aktivitas dan riwayat sesi perekaman sehingga memudahkan penelusuran data sebelumnya.
7	Antarmuka Interaktif	Tampilan yang sederhana dan mudah dipahami sehingga memudahkan pengguna dalam mengoperasikan sistem.
8	Efisiensi <i>Monitoring</i>	Pengguna tidak perlu berada di dekat perangkat untuk mengetahui kondisi sistem karena informasi dapat diakses melalui jaringan internet.

Dalam sistem *monitoring* kebisingan yang dikembangkan, *platform monitoring* tidak hanya berfungsi sebagai media tampilan data, tetapi juga sebagai sarana dokumentasi data historis tingkat kebisingan. Data yang tersimpan dapat digunakan untuk evaluasi kondisi lingkungan perpustakaan dalam jangka waktu tertentu. Selain itu, *platform monitoring* juga dapat diintegrasikan dengan sistem peringatan dini, seperti notifikasi ketika nilai kebisingan melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Dengan demikian, media dan *platform monitoring* berperan sebagai penghubung antara sistem teknis dan pengguna akhir.

Berdasarkan uraian tersebut, media dan *platform monitoring* merupakan elemen yang sangat penting dalam mendukung keberhasilan sistem *monitoring* kebisingan berbasis IoT. Pemanfaatan *platform monitoring* yang tepat memungkinkan sistem bekerja secara optimal dalam menyediakan informasi yang akurat, *real time*, dan mudah diakses.

Dibawah ini merupakan gambar ilustrasi dari *dashboard monitoring* Tingkat kebisingan suara.



Gambar 2. 5 Contoh Monitoring Dashboard

2.9. Penelitian Terkait

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas mengenai sistem *monitoring* kebisingan berbasis sensor dan *Internet of Things* (IoT). Penelitian oleh (Susanto et al., 2021) mengembangkan sistem *monitoring* kebisingan lingkungan menggunakan sensor suara dan mikrokontroler berbasis IoT. Sistem tersebut mampu menampilkan data kebisingan secara *real time* melalui *platform monitoring*, namun belum dilengkapi dengan sistem peringatan dini yang bersifat langsung di lokasi pengukuran.

Penelitian lain dilakukan oleh (Wilani et al., 2023) yang merancang sistem pendeteksi kebisingan pada ruangan menggunakan sensor suara GY-MAX4466 dan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Hasil penelitian menunjukkan bahwa

sistem mampu mendeteksi kondisi bising dan mengirimkan data ke *platform* IoT (aplikasi Blynk). Akan tetapi, penelitian tersebut masih terbatas pada tampilan data dan belum mengintegrasikan indikator peringatan fisik seperti LED.

Selanjutnya, (Arif Setia Sandi Ariyanto et al., 2026) mengembangkan sistem *monitoring* lingkungan multi-sensor berbasis ESP32 (termasuk sensor kebisingan KY-037) dengan visualisasi data melalui aplikasi *mobile*. Penelitian ini menekankan pada keandalan pengiriman data dan penyediaan data historis kebisingan. Meskipun demikian, sistem yang dikembangkan belum difokuskan pada lingkungan perpustakaan yang memiliki karakteristik khusus terkait tingkat kebisingan yang harus dijaga.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem *monitoring* kebisingan berbasis IoT telah banyak dikembangkan dengan berbagai pendekatan. Namun, masih terdapat celah penelitian, khususnya dalam penerapan sistem *monitoring* kebisingan yang secara spesifik ditujukan untuk ruang perpustakaan serta dilengkapi dengan sistem peringatan dini lokal dan *monitoring real time* berbasis IoT. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada perancangan dan pembangunan sistem monitoring tingkat kebisingan ruang perpustakaan menggunakan sensor suara KY-037 dan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan platform IoT, sehingga diharapkan mampu melengkapi dan menyempurnakan penelitian-penelitian sebelumnya.

Tabel 2.6. Ringkasan Penelitian Terkait

No	Peneliti & Tahun	Topik Penelitian	Metode / Teknologi	Hasil Utama	Perbedaan dengan Penelitian Ini
1	Susanto et al. (2021)	<i>Monitoring</i> kebisingan lingkungan	Sensor suara, IoT	<i>Monitoring real time</i>	Belum ada peringatan dini lokal
2	Wilani et al. (2023)	Deteksi kebisingan ruangan	Sensor GY-MAX4466, NodeMCU ESP8266	Deteksi kebisingan, tampil di Blynk	Belum ada indikator LED
3	Ariyanto et al. (2026)	<i>Monitoring</i> lingkungan multi-sensor (termasuk kebisingan)	ESP32, aplikasi <i>mobile</i>	Data historis & peringatan dini	Belum fokus pada perpustakaan

2.10. Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran merupakan gambaran konseptual yang menjelaskan alur logika penelitian dari permasalahan yang diangkat hingga solusi yang ditawarkan. Kerangka ini berfungsi sebagai landasan dalam merancang dan mengembangkan sistem yang diteliti, serta menunjukkan keterkaitan antara teori,

metode, dan implementasi yang digunakan. Dengan adanya kerangka pemikiran, arah penelitian menjadi lebih jelas dan sistematis sehingga tujuan penelitian dapat dicapai secara terstruktur.

Penelitian ini berangkat dari permasalahan kebisingan yang sering terjadi di ruang perpustakaan dan berpotensi mengganggu kenyamanan serta konsentrasi pengunjung. Kebisingan yang tidak terkontrol menunjukkan perlunya suatu sistem yang mampu melakukan pemantauan tingkat suara secara terus-menerus dan memberikan peringatan dini ketika terjadi kondisi bising. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan solusi berbasis teknologi yang mampu bekerja secara otomatis, *real time*, dan mudah diakses oleh pengelola perpustakaan.

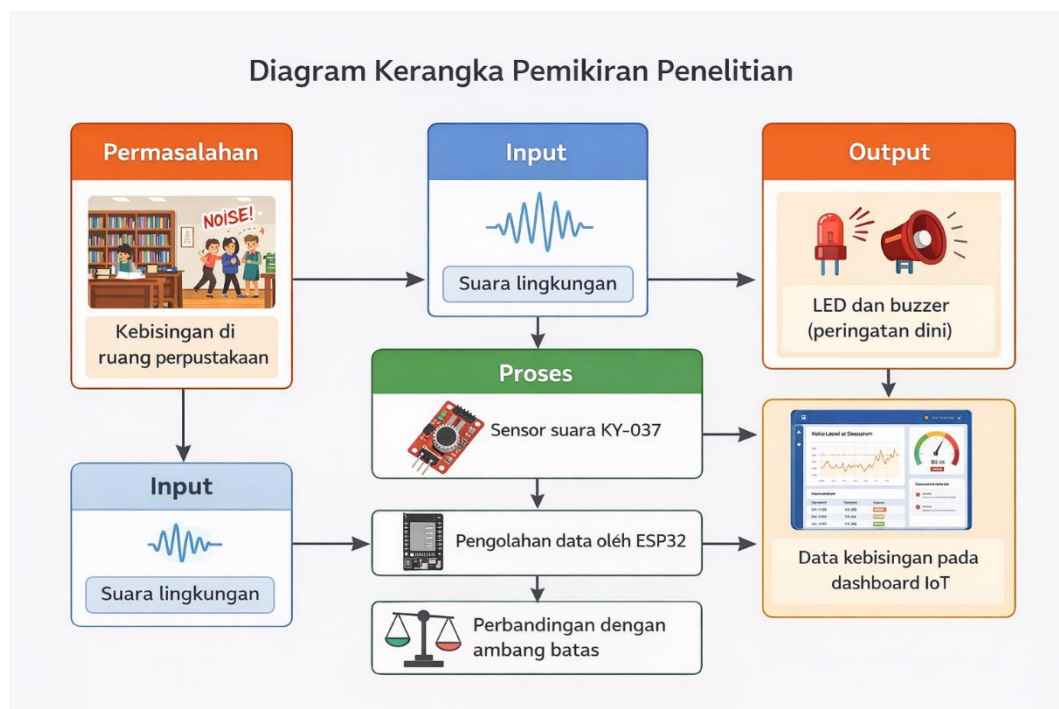
Solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini adalah perancangan dan pembangunan sistem *monitoring* tingkat kebisingan ruang perpustakaan berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini memanfaatkan sensor suara KY-037 sebagai alat untuk mendeteksi intensitas suara di lingkungan perpustakaan. Data hasil pembacaan sensor kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai pusat kendali sistem. ESP32 tidak hanya mengolah data, tetapi juga membandingkan nilai intensitas suara dengan ambang batas kebisingan yang telah ditentukan.

Apabila tingkat kebisingan melebihi ambang batas, sistem akan memberikan peringatan dini secara otomatis melalui indikator LED dan lampu relay. Selain itu, data kebisingan juga dikirimkan melalui jaringan internet menuju *platform* IoT untuk ditampilkan secara *real time* dalam bentuk *dashboard monitoring*. Dengan adanya visualisasi data tersebut, pengelola perpustakaan dapat memantau kondisi

kebisingan secara jarak jauh serta melakukan evaluasi berdasarkan data historis yang tersimpan.

Kerangka pemikiran penelitian ini menunjukkan keterkaitan antara komponen input, proses, dan output sistem. Input berupa suara lingkungan ditangkap oleh sensor, kemudian diproses oleh mikrokontroler, dan menghasilkan *output* berupa informasi tingkat kebisingan serta peringatan dini. Seluruh proses tersebut terintegrasi dalam satu sistem monitoring berbasis IoT yang diharapkan mampu menciptakan lingkungan perpustakaan yang lebih kondusif dan tertib.

Dengan demikian, kerangka pemikiran ini menjadi dasar konseptual dalam pengembangan sistem monitoring kebisingan ruang perpustakaan serta menjadi acuan dalam pelaksanaan penelitian pada bab-bab selanjutnya.



Gambar 2. 6 Kerangka Pemikiran

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian rekayasa (*engineering research*) dengan pendekatan eksperimental. Penelitian rekayasa merupakan jenis penelitian yang berfokus pada proses perancangan, pembangunan, dan pengujian suatu sistem atau prototipe untuk menyelesaikan permasalahan tertentu secara teknis. Hasil utama dari penelitian rekayasa bukan berupa teori baru, melainkan produk atau sistem yang dapat berfungsi sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

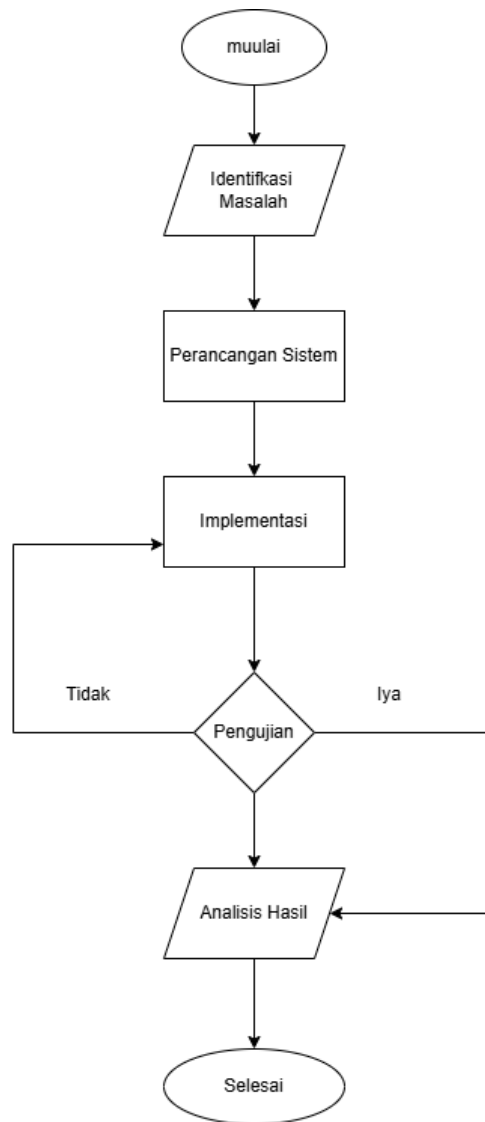
Pendekatan eksperimental digunakan karena penelitian ini melibatkan proses pengujian terhadap sistem monitoring kebisingan yang telah dirancang. Sistem diuji dengan memberikan kondisi suara tertentu untuk melihat respons alat dalam mendeteksi tingkat kebisingan, mengaktifkan sistem peringatan dini, serta mengirimkan data ke *platform Internet of Things* (IoT). (Ritonga, 2025), pendekatan eksperimental sangat tepat digunakan pada penelitian berbasis perangkat keras dan IoT karena memungkinkan evaluasi langsung terhadap kinerja sistem yang dikembangkan.

Tabel 3. 1 Klasifikasi Jenis dan Pendekatan Penelitian

Aspek	Keterangan
Jenis Penelitian	Penelitian Rekayasa (<i>Engineering Research</i>)
Pendekatan	Eksperimental
Metode Analisis	Kuantitatif Deskriptif
Objek Penelitian	Sistem <i>monitoring</i> kebisingan
Hasil yang Diharapkan	Prototipe sistem <i>monitoring</i> berbasis IoT

Selain itu, penelitian ini juga menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif, yaitu dengan mengumpulkan data numerik berupa nilai intensitas suara hasil pembacaan sensor. Data tersebut kemudian dianalisis untuk menggambarkan kinerja sistem *monitoring* kebisingan secara objektif. Pendekatan ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana sistem mampu mendeteksi perubahan tingkat kebisingan dan memberikan peringatan sesuai dengan ambang batas yang telah ditentukan. Penelitian oleh (Sukmawati et al., 2023) menyebutkan bahwa pendekatan kuantitatif deskriptif sering digunakan dalam penelitian untuk mengevaluasi performa suatu sistem secara objektif melalui data yang valid dan reliabel.

Berdasarkan metode pelaksanaannya, penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan utama, yaitu identifikasi permasalahan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian sistem, serta analisis hasil pengujian. Tahapan-tahapan tersebut disusun secara sistematis agar penelitian dapat berjalan terarah dan hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Pendekatan bertahap ini sejalan dengan penelitian oleh (Hasan et al., 2023) yang menyatakan bahwa pengembangan sistem perlu dilakukan secara terstruktur, mulai dari analisis kebutuhan hingga implementasi, untuk memastikan keberhasilan sistem yang dikembangkan. Dibawah ini merupakan diagram alur tahapan penelitian:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Dengan demikian, pemilihan jenis dan pendekatan penelitian ini dinilai sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu menghasilkan sebuah prototipe sistem *monitoring* tingkat kebisingan ruang perpustakaan berbasis IoT yang mampu bekerja secara *real time* dan memberikan peringatan dini secara otomatis. Hasil utama dari penelitian rekayasa bukan berupa teori baru, melainkan produk atau sistem yang dapat berfungsi sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

Pendekatan eksperimental digunakan karena penelitian ini melibatkan proses pengujian terhadap sistem monitoring kebisingan yang telah dirancang.

Sistem diuji dengan memberikan kondisi suara tertentu untuk melihat respons alat dalam mendeteksi tingkat kebisingan, mengaktifkan sistem peringatan dini, serta mengirimkan data ke *platform Internet of Things (IoT)*. Menurut (Ritonga, 2025), pendekatan eksperimental sangat tepat digunakan pada penelitian berbasis perangkat keras dan IoT karena memungkinkan evaluasi langsung terhadap kinerja sistem yang dikembangkan.

Selain itu, penelitian ini juga menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif, yaitu dengan mengumpulkan data numerik berupa nilai intensitas suara hasil pembacaan sensor. Data tersebut kemudian dianalisis untuk menggambarkan kinerja sistem monitoring kebisingan secara objektif. Pendekatan ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana sistem mampu mendeteksi perubahan tingkat kebisingan dan memberikan peringatan sesuai dengan ambang batas yang telah ditentukan. Penelitian oleh (Sukmawati et al., 2023) menyebutkan bahwa pendekatan kuantitatif deskriptif sering digunakan dalam penelitian untuk mengevaluasi performa suatu sistem secara objektif melalui data yang valid dan reliabel.

Berdasarkan metode pelaksanaannya, penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan utama, yaitu identifikasi permasalahan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian sistem, serta analisis hasil pengujian. Tahapan-tahapan tersebut disusun secara sistematis agar penelitian dapat berjalan terarah dan hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Pendekatan bertahap ini sejalan dengan penelitian oleh (Hasan et al., 2023) yang menyatakan bahwa pengembangan

sistem perlu dilakukan secara terstruktur, mulai dari analisis kebutuhan hingga implementasi, untuk memastikan keberhasilan sistem yang dikembangkan.

Dengan demikian, pemilihan jenis dan pendekatan penelitian ini dinilai sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu menghasilkan sebuah prototipe sistem monitoring tingkat kebisingan ruang perpustakaan berbasis IoT yang mampu bekerja secara *real time* dan memberikan peringatan dini secara otomatis.

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan rangkaian langkah yang sistematis, terstruktur, dan logis yang harus dilalui oleh seorang peneliti dalam menjalankan proses penelitian dari awal hingga akhir. Secara umum, tahapan ini mencakup identifikasi dan perumusan masalah, kajian literatur, perencanaan desain penelitian, pengumpulan data, analisis data, hingga penyusunan dan penyajian laporan hasil penelitian. Proses ini memastikan bahwa penelitian dilakukan secara ilmiah, akurat, dan dapat dipertanggungjawabkan sehingga tujuan penelitian yang diinginkan dapat tercapai secara tepat dan objektif (Ignatius Oki Dewa Brata., 2021).

Tabel 3.2. Tahapan Penelitian

No	Tahapan Penelitian	Deskripsi Kegiatan
1	Studi Literatur	Pengumpulan referensi terkait kebisingan, IoT, ESP32, dan sensor suara
2	Perancangan Sistem	Perancangan <i>hardware</i> , <i>software</i> , dan alur kerja sistem
3	Implementasi	Perakitan alat dan pemrograman ESP32

	Sistem	
4	Pengujian Sistem	Pengujian sensor, ambang batas, dan sistem IoT
5	Analisis dan Evaluasi	Analisis data hasil pengujian dan evaluasi kinerja system
6	Penyusunan Laporan	Penyusunan laporan penelitian dan kesimpulan

Kajian literatur yang komprehensif merupakan bagian penting dari tahapan awal perancangan sistem berbasis teknologi. Melalui *literature review* peneliti dapat mengidentifikasi kebutuhan pengguna, mengevaluasi metode yang telah digunakan oleh studi sebelumnya, serta menemukan gap atau peluang inovasi dalam desain sistem. Studi literatur yang menyeluruh membantu meningkatkan kualitas perancangan karena memperkuat landasan teoritis, mengurangi duplikasi penelitian, serta memberikan panduan dalam menetapkan metodologi yang tepat (Hasan et al., 2023).

Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur yang bertujuan untuk memperoleh landasan teori serta referensi penelitian terdahulu yang relevan dengan topik kebisingan, sensor suara, ESP32, dan sistem IoT. Studi literatur ini menjadi dasar dalam menentukan metode, spesifikasi sistem, serta pendekatan teknis yang digunakan dalam penelitian.

Tahap selanjutnya adalah perancangan sistem yang mencakup perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Pada tahap ini dilakukan perancangan blok diagram sistem, pemilihan komponen utama, serta perancangan alur kerja sistem secara keseluruhan. Perancangan perangkat lunak

meliputi pembuatan algoritma pembacaan sensor, penentuan ambang batas kebisingan, serta mekanisme pengiriman data ke *platform* IoT.

Setelah perancangan selesai, penelitian dilanjutkan dengan tahap perakitan dan implementasi sistem. Tahap ini melibatkan proses perakitan komponen seperti sensor suara KY-037, mikrokontroler ESP32, LED, serta konfigurasi koneksi jaringan internet. Implementasi perangkat lunak dilakukan dengan mengunggah program ke ESP32 dan menghubungkannya dengan *platform monitoring* IoT.

Tahap berikutnya adalah pengujian sistem. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dalam mendeteksi tingkat kebisingan, ketepatan ambang batas, respon sistem terhadap kondisi bising, serta keandalan pengiriman data secara *real-time*. Pengujian dilakukan pada lingkungan perpustakaan dengan kondisi tertentu untuk memperoleh data yang representatif. Hasil pengujian kemudian dicatat sebagai data penelitian.

Tahap terakhir adalah analisis dan evaluasi hasil penelitian. Data hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui tingkat akurasi sensor, kecepatan respon sistem, serta stabilitas koneksi IoT. Hasil analisis ini digunakan untuk menarik kesimpulan dan memberikan rekomendasi pengembangan sistem di masa mendatang. Tahapan penelitian ini disusun agar seluruh proses penelitian berjalan secara terarah dan sesuai dengan tujuan penelitian.

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam rentang waktu tertentu yang disesuaikan dengan kondisi keramaian pada perpustakaan berkisar antara pukul 10.00 – 16.00 wib. Serta kebutuhan perancangan, implementasi, serta pengujian sistem monitoring tingkat kebisingan berbasis *Internet of Things* (IoT). Penentuan waktu

penelitian dilakukan secara terencana agar setiap tahapan penelitian dapat berjalan secara sistematis dan saling berkesinambungan. Pembagian waktu penelitian bertujuan untuk memastikan bahwa proses perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian sistem, serta analisis data dapat dilakukan secara optimal.

Tabel 3. 3 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Waktu				
		1	2	3	4	5
1	Penulisan proposal					
2	Seminar dan bimbingan proposal					
3	Penelitian dan Tindakan					
4	Analisis dan bimbingan hasil penelitian					
5	Ujian skripsi					

Waktu penelitian meliputi beberapa tahapan utama, yaitu studi literatur, perancangan sistem, perakitan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, pengujian sistem, serta penyusunan laporan penelitian. Tahapan-tahapan tersebut disusun secara kronologis untuk meminimalkan kendala teknis dan memastikan ketercapaian tujuan penelitian. Menurut (Arif Setia Sandi Ariyanto et al., 2026), tahapan penelitian yang dilakukan secara sistematis mulai dari analisis kebutuhan hingga evaluasi sistem sangat penting dalam penelitian rekayasa agar proses pengembangan sistem dapat berjalan efektif dan efisien.

Tabel 3.4 Lokasi Penelitian

Aspek	Keterangan
-------	------------

Lokasi	Ruang Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jenis Lingkungan	Area membaca dan belajar
Objek Pengamatan	Tingkat kebisingan lingkungan
Alasan Pemilihan	Membutuhkan kondisi yang tenang

Tempat penelitian merupakan lokasi yang dijadikan sebagai objek implementasi dan pengujian sistem *monitoring* kebisingan. Penelitian ini dilakukan di ruang perpustakaan karena lingkungan tersebut memiliki kebutuhan tinggi terhadap kondisi kenyamanan akustik. Perpustakaan dipilih sebagai lokasi penelitian karena aktivitas membaca dan belajar membutuhkan suasana yang tenang, sehingga pengendalian tingkat kebisingan menjadi aspek yang sangat penting. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh (Damanik & Kirana, 2022) yang menyatakan bahwa perpustakaan merupakan salah satu sarana penting dalam dunia pendidikan untuk mendukung terciptanya pendidikan yang berkualitas, sehingga lokasi dan kenyamanan perpustakaan sangat berpengaruh terhadap konsentrasi penggunaannya.

Selain itu, pemilihan tempat penelitian juga mempertimbangkan ketersediaan sumber daya, kemudahan akses, serta kesesuaian lingkungan dengan sistem yang akan diuji. Dengan demikian, lokasi penelitian diharapkan mampu merepresentasikan kondisi nyata sehingga hasil pengujian sistem dapat memberikan gambaran kinerja yang akurat dan dapat diterapkan secara langsung.

3.4. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan penelitian merupakan komponen penting yang mendukung pelaksanaan penelitian secara sistematis dan berkelanjutan. Alat penelitian mencakup perangkat atau instrumen baik perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk mengumpulkan, mengolah, dan menganalisis data sesuai dengan tujuan penelitian. Alat ini mempermudah peneliti dalam mendapatkan data yang valid, akurat, dan mudah diolah sehingga hasil penelitian menjadi dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah (Sukmawati et al., 2023).

Alat penelitian digunakan sebagai pendukung dalam proses perakitan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler, serta pengujian sistem. Sementara itu, bahan penelitian merupakan komponen utama yang membentuk sistem *monitoring* kebisingan, mulai dari sensor hingga perangkat output dan media *monitoring* berbasis IoT.

Tabel 3.5 Alat Penelitian

No	Alat	Fungsi
1	Laptop / PC	Pemrograman ESP32 dan pemantauan data
2	Kabel USB	Media komunikasi dan upload program ke ESP32
3	<i>Breadboard</i>	Media perakitan rangkaian sementara
4	Kabel jumper	Penghubung antar komponen
5	Multimeter	Pengukuran tegangan dan pengecekan rangkaian

Pengelompokan alat dan bahan bertujuan untuk memudahkan pemahaman serta memperjelas peran masing-masing komponen dalam sistem yang

dikembangkan. Menurut (Arif Setia Sandi Ariyanto et al., 2026), kinerja sistem yang stabil dalam proses akuisisi dan pengiriman data multi-sensor mengindikasikan bahwa arsitektur dan pemilihan komponen berbasis mikrokontroler (seperti ESP32) yang tepat sangat berpengaruh terhadap keandalan dan performa sistem secara keseluruhan.

Tabel 3.6 Bahan Penelitian

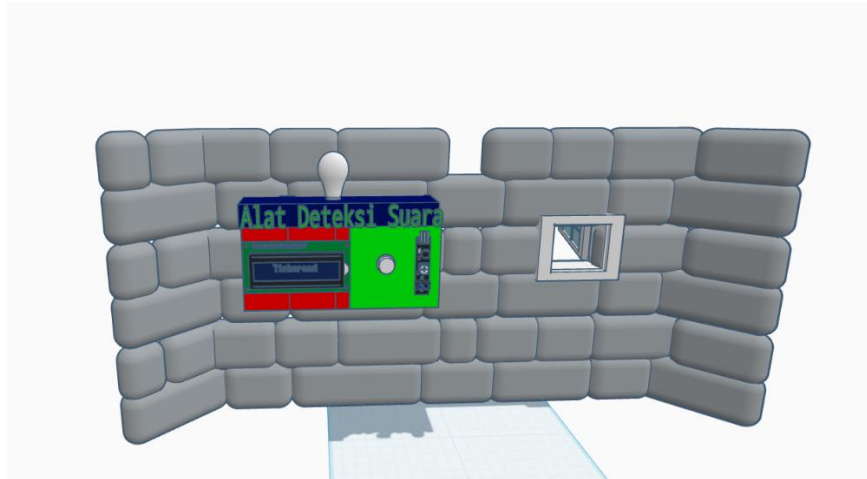
No	Bahan	Spesifikasi Singkat
1	ESP32	Mikrokontroler dengan WiFi
2	Sensor Suara KY-037	Sensor intensitas suara analog
3	LED Monitor	Indikator visual
4	Lampu Relay	Indikator visual
5	<i>Power Supply</i>	<i>Adaptor / Power bank</i>
6	<i>Platform IoT</i>	<i>Web Dashboard</i>

Seluruh alat dan bahan yang digunakan saling terintegrasi untuk membentuk sistem *monitoring* kebisingan yang bekerja secara *real-time*. Sensor suara KY-037 berfungsi sebagai input yang menangkap intensitas suara di lingkungan perpustakaan. Data dari sensor kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32, yang selanjutnya mengirimkan data tersebut ke *platform* IoT melalui koneksi internet. *Output system* berupa lampu relay digunakan sebagai indikator peringatan dini ketika tingkat kebisingan melebihi ambang batas yang telah ditentukan.

3.5. Perancangan Sistem

Perancangan sistem adalah tahapan dalam pengembangan sistem yang berfokus pada penentuan struktur dan perilaku sistem secara detail berdasarkan kebutuhan yang telah diidentifikasi pada tahap analisis. Proses ini mencakup pemilihan komponen perangkat keras dan perangkat lunak, pemodelan alur kerja, penetapan antarmuka pengguna, serta perancangan basis data dan logika sistem sehingga sistem yang dibangun dapat memenuhi tujuan fungsional dan non-fungsional yang diharapkan oleh pengguna. Perancangan sistem merupakan bagian penting dari *system development life cycle*, karena hasilnya menjadi cetakan atau *blueprint* yang menjadi dasar bagi implementasi dan pengujian sistem selanjutnya (Ignatius Oki Dewa Brata., 2021).

Alur kerja sistem dimulai dari sensor suara KY-037 yang mendeteksi intensitas suara di lingkungan perpustakaan. Sinyal analog yang dihasilkan sensor kemudian dibaca oleh ESP32 dan dikonversi menjadi data digital. Data tersebut selanjutnya diolah untuk menentukan nilai tingkat kebisingan berdasarkan ambang batas yang telah ditetapkan melalui pengujian awal. Apabila nilai kebisingan masih berada di bawah ambang batas, sistem akan berada pada kondisi normal dan hanya melakukan proses *monitoring* serta pengiriman data ke *platform* IoT. Sebaliknya, apabila nilai kebisingan melebihi ambang batas, sistem secara otomatis akan mengaktifkan lampu LED sebagai peringatan dini.



Gambar 3. 2 Prototype Percangan Perangkat

Berikut alur teknis sistem:

1. Suara lingkungan ditangkap oleh sensor KY-037
2. Sensor menghasilkan sinyal analog
3. ESP32 membaca dan mengolah data
4. Data dibandingkan dengan ambang batas
5. Sistem memberikan respon:

LED monitor menampilkan status

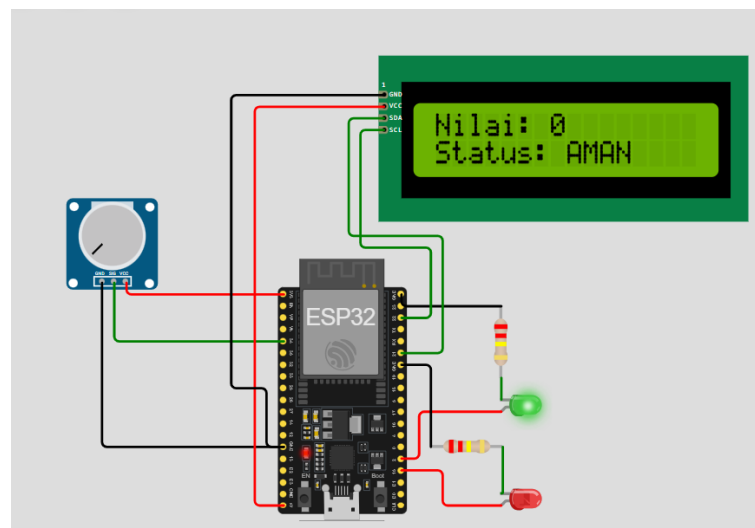
Lampu peringatan menyala jika bising

Perancangan sistem pada penelitian ini dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Pembagian ini bertujuan untuk mempermudah proses implementasi dan pengujian sistem, serta memastikan bahwa setiap bagian sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsinya.

3.6. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras (*hardware design*) merupakan proses merancang komponen fisik sistem elektronik atau komputer yang akan digunakan

dalam suatu sistem penelitian atau aplikasi. Tahapan ini mencakup pemilihan, konfigurasi, pengaturan, integrasi, dan pengujian komponen fisik seperti mikrokontroler, sensor, aktuator, modul komunikasi, serta elemen pendukungnya agar dapat berfungsi secara optimal sesuai tujuan sistem yang dikembangkan. Perancangan *hardware* tidak hanya mencakup pemilihan komponen, tetapi juga bagaimana komponen-komponen tersebut dihubungkan secara logis dan fisik melalui diagram rangkaian serta disusun sedemikian rupa agar sistem bekerja efektif, efisien, dan dapat diintegrasikan dengan perangkat lunak yang digunakan (Ritonga, 2025).



Gambar 3. 3 Desain Cirkuit

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari sensor suara KY-037 sebagai perangkat *input*, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data dan komunikasi IoT, serta perangkat *output* berupa LED sebagai indikator peringatan dini kebisingan. Seluruh komponen dirancang agar dapat bekerja secara terintegrasi dan mendukung proses *monitoring* secara *real-time*.

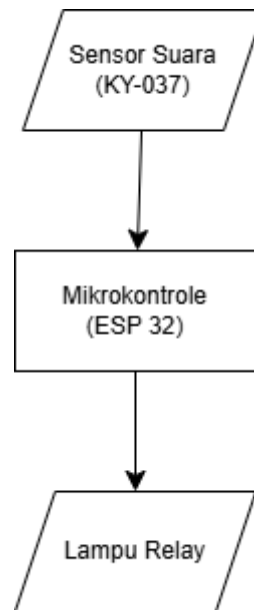
Tabel 3.7 Komponen Perangkat Keras

No	Komponen	Fungsi
1	Sensor Suara KY-037	Mendeteksi intensitas suara lingkungan
2	ESP32	Mengolah data dan mengirim ke <i>platform</i> IoT
3	Layar LED	Indikator visual tingkat kebisingan
4	Relay	Indikator lampu penanda kebisingan
5	<i>Platform</i> IoT	<i>Monitoring</i> data secara <i>real-time</i>

Sensor suara KY-037 digunakan untuk mendeteksi intensitas suara di lingkungan perpustakaan. Sensor ini menghasilkan sinyal analog yang merepresentasikan tingkat kebisingan di sekitarnya. Sinyal analog tersebut kemudian dihubungkan ke salah satu pin analog pada ESP32 untuk dibaca dan diproses lebih lanjut.

Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama sistem. Selain memproses data dari sensor suara, ESP32 juga bertanggung jawab dalam mengendalikan perangkat *output* serta mengirimkan data ke *platform* IoT melalui koneksi WiFi. ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan pemrosesan yang baik, konsumsi daya yang relatif rendah, serta dukungan komunikasi nirkabel yang terintegrasi.

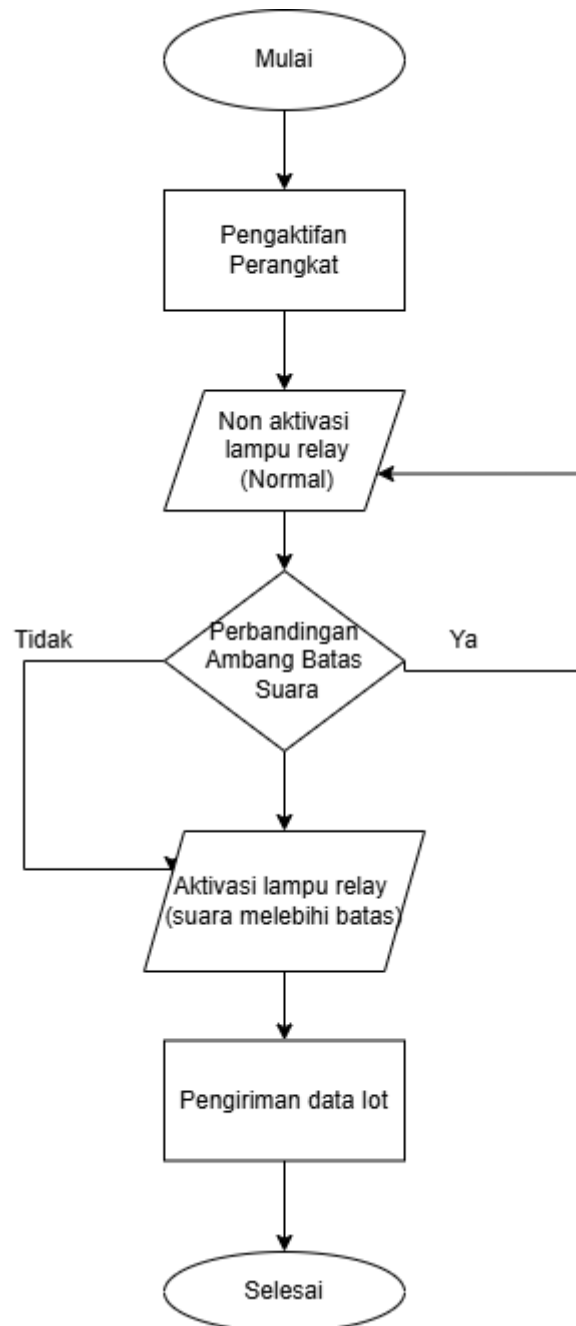
Perangkat *output* berupa LED digunakan sebagai indikator visual untuk menunjukkan kondisi tingkat kebisingan. LED dihubungkan ke pin digital ESP32 dan dikendalikan melalui logika program pada sistem.



Gambar 3. 4 Diagram Blok Perangkat Keras

3.7. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak merupakan tahap penting dalam penelitian ini karena berfungsi sebagai pengendali utama seluruh proses sistem *monitoring* tingkat kebisingan ruang perpustakaan. Perangkat lunak dirancang untuk mengintegrasikan proses pembacaan sensor suara, pengolahan data kebisingan, pengambilan keputusan, serta pengiriman data secara *real-time* ke *platform Internet of Things (IoT)*. Perancangan yang baik diharapkan mampu menghasilkan sistem yang responsif, stabil, dan mudah dikembangkan.

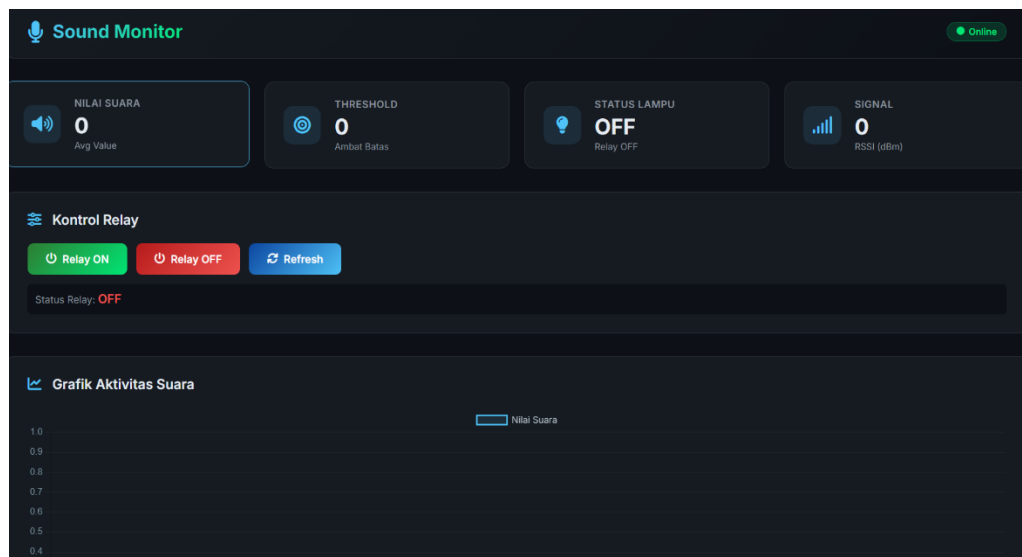


Gambar 3. 5 Alur Perangkat Lunak

Alur kerja perangkat lunak dimulai dengan proses inisialisasi sistem yang mencakup konfigurasi ESP32, sensor suara, serta koneksi jaringan internet. Setelah sistem berhasil terhubung, ESP32 akan membaca data sensor suara secara kontinu. Data tersebut kemudian diolah untuk menentukan tingkat kebisingan lingkungan. Apabila nilai kebisingan melebihi ambang batas yang telah

ditentukan, sistem akan mengaktifkan indikator peringatan berupa LED. Selanjutnya, data kebisingan akan dikirimkan ke *platform* IoT untuk ditampilkan dalam bentuk *monitoring real-time*. Proses ini berlangsung secara berulang selama sistem aktif.

Logika keputusan pada perangkat lunak dirancang menggunakan metode perbandingan nilai kebisingan terhadap ambang batas tertentu. Ambang batas ditentukan berdasarkan standar tingkat kebisingan ruang perpustakaan yang telah ditetapkan sebelumnya. Jika nilai sensor berada di bawah ambang batas, sistem berada pada kondisi normal. Sebaliknya, jika nilai sensor melebihi ambang batas, sistem akan memberikan peringatan. Pendekatan logika sederhana ini banyak digunakan pada sistem *monitoring* kebisingan berbasis IoT karena mudah diimplementasikan dan cukup efektif dalam kondisi lingkungan terkendali (PIn et al., 2023). Dibawah ini merupakan ilustrasi perancangan *wireframe monitoring* suara :

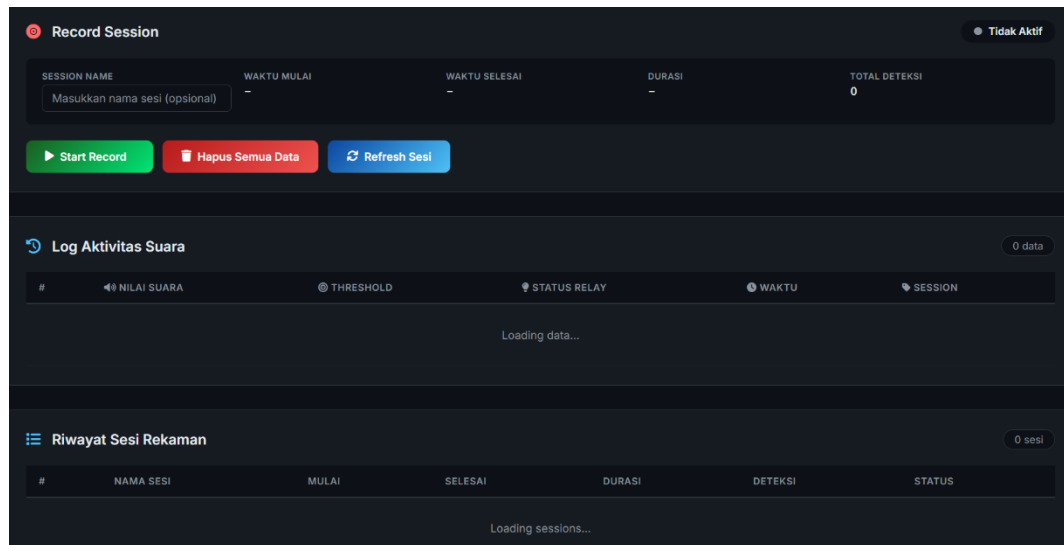


Gambar 3. 6 Ilustrasi *Wireframe Monitoring* Suara

Menampilkan halaman utama *dashboard* sistem *monitoring* kebisingan berbasis *Internet of Things* (IoT). Dashboard ini berfungsi sebagai media *monitoring* secara *real-time* terhadap kondisi tingkat kebisingan yang diperoleh dari sensor suara KY-037 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32. Informasi yang ditampilkan meliputi nilai suara, nilai ambang batas (*threshold*), status relay, serta kualitas koneksi perangkat yang ditunjukkan melalui nilai RSSI (*Received Signal Strength Indicator*).

Pada bagian atas dashboard terdapat empat kartu informasi (*information card*) yang menyajikan data utama sistem, yaitu:

1. Nilai Suara (*Sound Value*) menampilkan nilai rata-rata intensitas suara yang diterima sensor dalam bentuk data digital hasil pembacaan analog.
2. *Threshold* menunjukkan nilai ambang batas yang digunakan sebagai parameter untuk menentukan kondisi normal atau kondisi bising.
3. Status Lampu (*Relay Status*) menunjukkan kondisi aktuator relay, yaitu ON apabila tingkat kebisingan melebihi ambang batas dan OFF apabila berada di bawah nilai ambang batas.
4. Signal (RSSI) menampilkan kualitas sinyal koneksi Wi-Fi dari modul ESP32 terhadap jaringan internet sehingga memudahkan proses monitoring kestabilan komunikasi data.



Gambar 3. 7 Wireframe Monitoring

Pada bagian *Record Session*, pengguna dapat memasukkan nama sesi perekaman sebagai identitas pengambilan data. Selain itu, sistem menampilkan informasi mengenai waktu mulai, waktu selesai, durasi perekaman, serta jumlah total deteksi kebisingan yang terjadi selama sesi berlangsung. *Dashboard* juga menyediakan indikator status sesi yang menunjukkan apakah proses perekaman sedang aktif atau tidak.

Untuk mengelola proses perekaman, tersedia beberapa tombol kontrol, yaitu:

1. *Hapus Semua Data* untuk menghapus seluruh data hasil perekaman yang telah tersimpan pada basis data.
2. *Start Record* untuk memulai proses pencatatan data sensor.
3. *Refresh Sesi* untuk memperbarui tampilan informasi sesi secara *real-time*.

Di bawah menu tersebut terdapat tabel Log Aktivitas Suara yang berfungsi sebagai media pencatatan seluruh aktivitas yang terdeteksi oleh sistem. Informasi yang disimpan meliputi nilai suara, nilai ambang batas, status relay, waktu deteksi, serta identitas sesi perekaman. Data ini menjadi dokumentasi setiap

kejadian yang berhasil direkam oleh sistem sehingga dapat digunakan sebagai bahan evaluasi maupun analisis lebih lanjut.

Selanjutnya, *dashboard* menyediakan tabel Riwayat Sesi Rekaman yang menampilkan daftar seluruh sesi perekaman yang pernah dilakukan. Informasi yang disajikan meliputi nama sesi, waktu mulai, waktu selesai, durasi perekaman, jumlah deteksi yang terjadi selama sesi, serta status sesi. Riwayat tersebut memungkinkan pengguna melakukan penelusuran kembali terhadap hasil *monitoring* pada periode tertentu.

Secara keseluruhan, halaman *dashboard* ini berfungsi sebagai media dokumentasi data *monitoring* yang mendukung proses analisis historis, evaluasi performa sistem, serta penyimpanan data hasil deteksi kebisingan secara terstruktur.

3.8. Prosedur Pengujian Sistem

Prosedur pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem *monitoring* tingkat kebisingan ruang perpustakaan berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan dan tujuan penelitian. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja perangkat keras dan perangkat lunak, keakuratan pembacaan sensor suara, respon sistem terhadap perubahan tingkat kebisingan, serta keandalan pengiriman data ke *platform* IoT. Pengujian sistem dilakukan secara eksperimental dengan menjalankan alat pada kondisi lingkungan yang telah ditentukan. Hasil pengujian digunakan sebagai dasar analisis untuk menilai kelayakan sistem sebelum diterapkan secara lebih luas (Sahroni et al., 2022).

3.8.1 Tahapan Pengujian Sistem

Tahapan pengujian sistem dilakukan secara bertahap untuk memastikan setiap komponen bekerja dengan baik sebelum dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian diawali dengan pengujian perangkat keras, dilanjutkan dengan pengujian perangkat lunak, dan diakhiri dengan pengujian integrasi sistem. Pendekatan pengujian bertahap ini umum digunakan dalam penelitian sistem berbasis *embedded* dan IoT karena mampu meminimalkan kesalahan serta mempermudah proses identifikasi masalah (Arif Setia Sandi Ariyanto et al., 2026).

Tabel 3. 8. 1 Tahapan Pengujian Sistem

No	Tahap Pengujian	Tujuan
1	Pengujian perangkat keras	Memastikan sensor, ESP32, LED berfungsi dengan baik
2	Pengujian perangkat lunak	Memastikan program berjalan sesuai alur yang dirancang
3	Pengujian koneksi IoT	Memastikan data terkirim ke <i>platform monitoring</i>
4	Pengujian sistem keseluruhan	Menguji kinerja sistem secara terintegrasi

3.8.2 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan untuk memastikan seluruh komponen fisik sistem berfungsi sesuai spesifikasi. Sensor suara diuji dengan memberikan sumber suara pada tingkat intensitas yang berbeda, sedangkan ESP32 diuji untuk memastikan kestabilan suplai daya dan konektivitas.

Pengujian LED dan Lampu relay dilakukan dengan mengamati respon indikator ketika nilai kebisingan melewati ambang batas. Hasil pengujian ini menjadi dasar untuk memastikan bahwa perangkat keras siap digunakan pada pengujian sistem secara keseluruhan (Ghina Fatma Cahyanni., 2023).

Tabel 3. 9. 2 Skenario Pengujian Perangkat Keras

No	Kondisi Uji	Deskripsi	<i>Output yang Diharapkan</i>
1	Kondisi tenang	Tidak ada sumber suara signifikan	Lampu Relay <i>OFF</i>
2	Kondisi normal	Suara percakapan ringan	Sistem tetap normal
3	Kondisi bising	Suara keras melebihi ambang batas	Lampu Relay <i>ON</i>

3.8.3 Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak dilakukan dengan menjalankan program pada ESP32 dan mengamati alur kerja sistem. Pengujian difokuskan pada proses pembacaan sensor, pengolahan data kebisingan, pengambilan keputusan, serta pengiriman data ke *platform* IoT. Kesalahan logika, keterlambatan respon, dan kegagalan pengiriman data menjadi aspek utama yang diamati pada tahap ini. Pengujian perangkat lunak penting dilakukan untuk menjamin sistem mampu bekerja secara *real-time* dan stabil (Arif Setia Sandi Ariyanto et al., 2026).

Tabel 3. 10 . 3 Jenis dan Sumber Data Penelitian

No	Jenis Data	Sumber Data	Keterangan
1	Data kebisingan	Sensor suara KY-037	Nilai intensitas suara lingkungan
2	Data waktu	Sistem ESP32	Waktu pengambilan data
3	Data status sistem	Perangkat lunak	Kondisi normal atau bising
4	Data <i>monitoring</i>	<i>Platform</i> IoT	Data yang ditampilkan pada <i>dashboard</i>

Pengujian perangkat lunak bertujuan untuk memastikan program yang ditanamkan pada ESP32 berjalan sesuai dengan alur sistem. Pengujian ini mencakup verifikasi logika program, proses pembacaan data sensor, pengolahan data, serta pengiriman data ke *platform* IoT (Arif Setia Sandi Ariyanto et al., 2026).

Data hasil pengumpulan dan analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi hasil penelitian. Penyajian data secara visual bertujuan untuk menunjukkan perubahan tingkat kebisingan dari waktu ke waktu serta respon sistem terhadap kondisi lingkungan. Interpretasi data dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian dengan tujuan penelitian. Hasil analisis ini selanjutnya digunakan sebagai dasar penarikan kesimpulan pada Bab V.

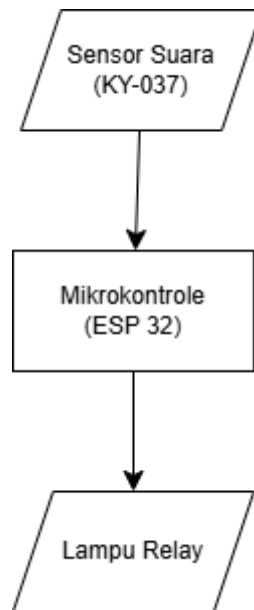
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan tahapan realisasi dari perancangan yang mencakup integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak dalam membentuk sistem *monitoring* kebisingan berbasis *Internet of Things* (IoT). Pada tahap ini, seluruh komponen yang telah dirancang diimplementasikan menjadi sebuah prototipe yang mampu bekerja secara nyata untuk mendeteksi, mengolah, dan menampilkan data tingkat kebisingan secara *real-time* di lingkungan perpustakaan.

Sistem yang dikembangkan terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor suara KY-037 sebagai perangkat *input*, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data, serta perangkat output berupa LED indikator dan lampu LED sebagai media peringatan visual. Selain itu, sistem juga terintegrasi dengan *platform monitoring* berbasis IoT yang memungkinkan data kebisingan ditampilkan secara *real-time* melalui *dashboard* yang dapat diakses oleh pengguna. Integrasi antar komponen ini dirancang agar sistem mampu bekerja secara otomatis dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Berikut dibawah ini diagram blok sistem :

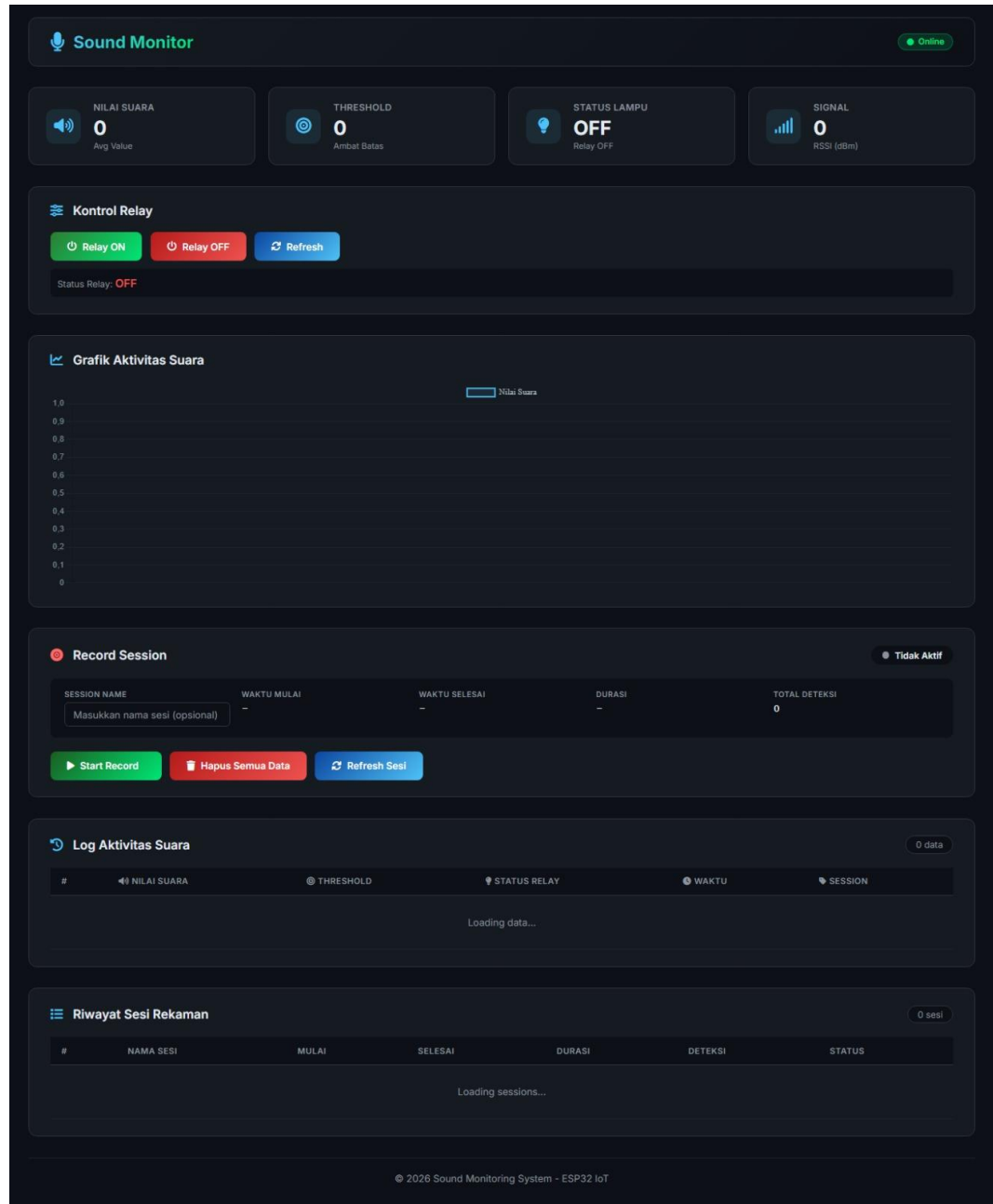


Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem

Proses implementasi dimulai dengan perakitan perangkat keras sesuai dengan rancangan yang telah dibuat, dilanjutkan dengan pemrograman mikrokontroler ESP32 menggunakan bahasa pemrograman yang kompatibel, seperti Arduino IDE. Program yang dikembangkan mencakup proses pembacaan data sensor, pengolahan nilai kebisingan, penentuan ambang batas, serta pengendalian perangkat *output*. Selain itu, sistem juga dikonfigurasi untuk dapat mengirimkan data ke *platform* IoT melalui koneksi jaringan Wi-Fi sehingga memungkinkan pemantauan jarak jauh secara *real-time*.

Dalam implementasinya, sensor suara KY-037 digunakan untuk menangkap intensitas suara lingkungan yang kemudian dikonversi menjadi sinyal analog. Sinyal tersebut dibaca oleh ESP32 melalui fitur *Analog to Digital Converter* (ADC) dan diolah menjadi data digital yang merepresentasikan tingkat kebisingan. Data ini selanjutnya dibandingkan dengan nilai ambang batas yang telah ditentukan sebelumnya. Apabila nilai kebisingan melebihi ambang batas, sistem akan secara otomatis mengaktifkan indikator LED dan lampu peringatan

sebagai bentuk respon terhadap kondisi bising. Mekanisme ini memungkinkan sistem untuk memberikan peringatan dini secara langsung kepada pengguna di lokasi.



Gambar 4.2 Interface Web Monitoring Data

Selain implementasi perangkat keras, sistem juga dilengkapi dengan antarmuka *monitoring* berbasis IoT yang menampilkan data kebisingan dalam

bentuk angka maupun visualisasi grafik. *Dashboard* ini dirancang agar mudah digunakan (*user-friendly*) dan mampu memberikan informasi secara cepat dan akurat mengenai kondisi kebisingan di setiap area yang dipantau. Dengan adanya fitur ini, pengguna dapat melakukan pemantauan kondisi lingkungan tanpa harus berada langsung di lokasi, sehingga meningkatkan efisiensi pengawasan.

Secara keseluruhan, implementasi sistem ini menunjukkan bahwa teknologi IoT dapat dimanfaatkan secara efektif dalam membangun sistem *monitoring* kebisingan yang bersifat *real-time*, responsif, dan terintegrasi. Hasil implementasi ini menjadi dasar untuk tahap pengujian sistem yang akan dibahas pada subbab berikutnya.

4.2 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras pada penelitian ini merupakan tahap realisasi dari rancangan sistem yang telah disusun sebelumnya, dengan tujuan untuk membangun sebuah prototipe alat *monitoring* kebisingan yang dapat bekerja secara nyata dan terintegrasi. Perangkat keras yang digunakan terdiri dari sensor suara KY-037 sebagai komponen *input*, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data, serta perangkat *output* berupa LED indikator dan lampu LED sebagai media peringatan visual. Seluruh komponen tersebut dirangkai dan dihubungkan sesuai dengan konfigurasi yang telah dirancang agar sistem dapat berfungsi secara optimal dalam mendeteksi dan merespons tingkat kebisingan lingkungan.

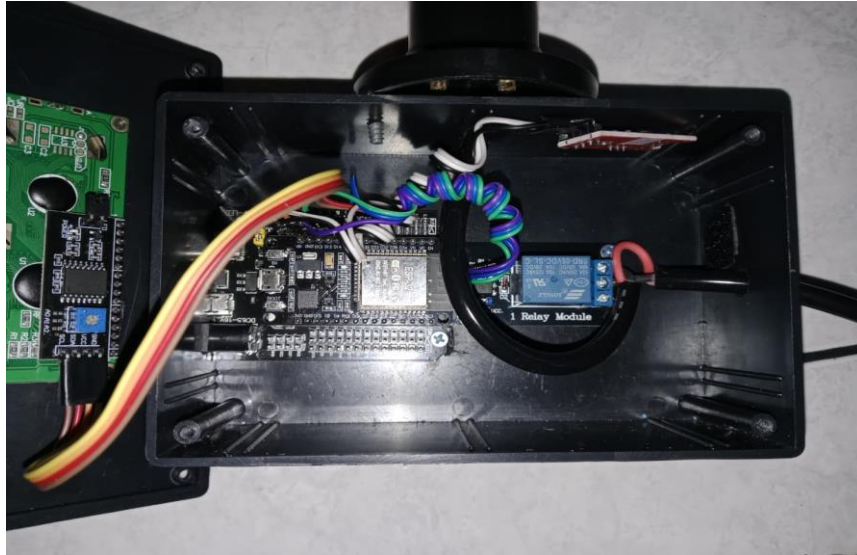


Gambar 4.3 Perangkat Keras *Monitoring* Suara

Proses implementasi dimulai dengan perakitan komponen utama pada sebuah media atau *casing* yang merepresentasikan kondisi nyata pemasangan alat di dinding ruangan perpustakaan. Sensor suara KY-037 ditempatkan pada posisi yang memungkinkan untuk menangkap gelombang suara secara optimal dari lingkungan sekitar. Sensor ini bekerja dengan menghasilkan sinyal analog yang kemudian dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 melalui pin input analog. ESP32 selanjutnya mengolah data tersebut menggunakan fitur *Analog to Digital Converter* (ADC) untuk mengubah sinyal analog menjadi data digital yang dapat diproses lebih lanjut.

Mikrokontroler ESP32 diimplementasikan sebagai pusat kendali sistem yang menghubungkan seluruh komponen perangkat keras. ESP32 menerima data dari sensor suara, melakukan pengolahan berdasarkan logika program yang telah ditanamkan, serta mengendalikan perangkat output seperti LED indikator dan lampu peringatan. Penggunaan ESP32 dalam sistem ini memberikan keunggulan dalam hal kecepatan pemrosesan, efisiensi energi, serta kemudahan integrasi

dengan perangkat lain, sehingga sangat sesuai untuk aplikasi *monitoring* berbasis IoT.



Gambar 4.4 Implementasi *wiring* antar perangkat

Perangkat output dalam sistem ini terdiri dari LED indikator dan lampu relay yang berfungsi sebagai media pemberitahuan visual terhadap kondisi kebisingan. LED indikator digunakan untuk menunjukkan status tingkat kebisingan dalam beberapa kategori, seperti normal, waspada, dan tinggi, sedangkan lampu relay utama berfungsi sebagai peringatan ketika nilai kebisingan melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Pengendalian LED dilakukan melalui pin digital pada ESP32, di mana logika aktif atau nonaktif ditentukan berdasarkan hasil pengolahan data sensor.

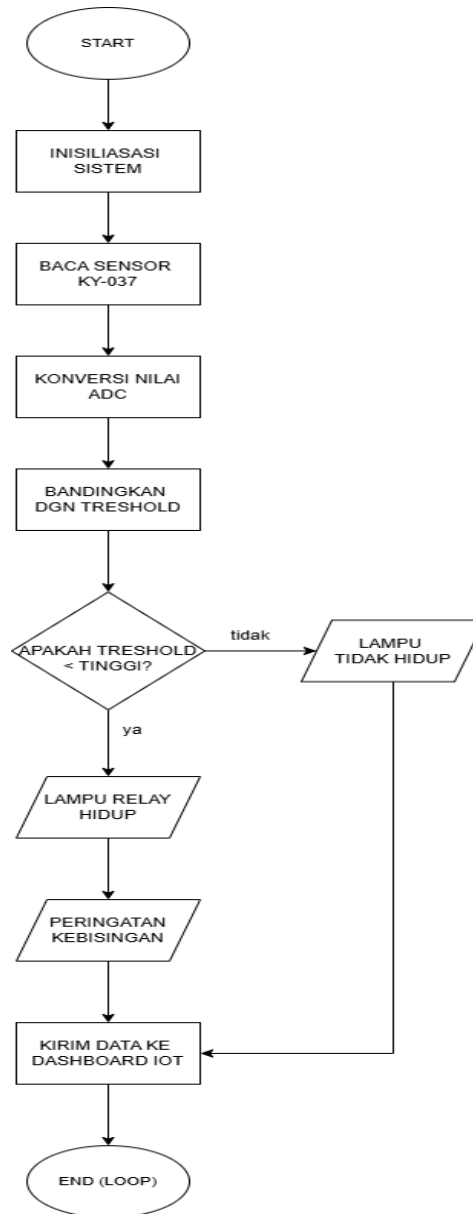
Selain itu, implementasi perangkat keras juga memperhatikan aspek catu daya (*power supply*) yang digunakan untuk memastikan kestabilan sistem selama beroperasi. Dalam penelitian ini, sistem menggunakan sumber daya berupa adaptor atau power bank dengan tegangan yang sesuai dengan kebutuhan ESP32,

yaitu sebesar 5V yang kemudian diregulasi menjadi 3.3V untuk komponen tertentu. Kestabilan suplai daya menjadi faktor penting dalam menjaga kinerja sensor dan mikrokontroler agar tetap akurat dan responsif selama proses *monitoring* berlangsung.

Secara keseluruhan, implementasi perangkat keras yang dilakukan menunjukkan bahwa sistem telah mampu mengintegrasikan seluruh komponen dengan baik sehingga dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Perangkat keras ini menjadi fondasi utama dalam mendukung proses *monitoring* kebisingan secara *real-time* yang selanjutnya akan diuji dan dianalisis pada tahap berikutnya.

4.3 Implementasi Perangkat Lunak

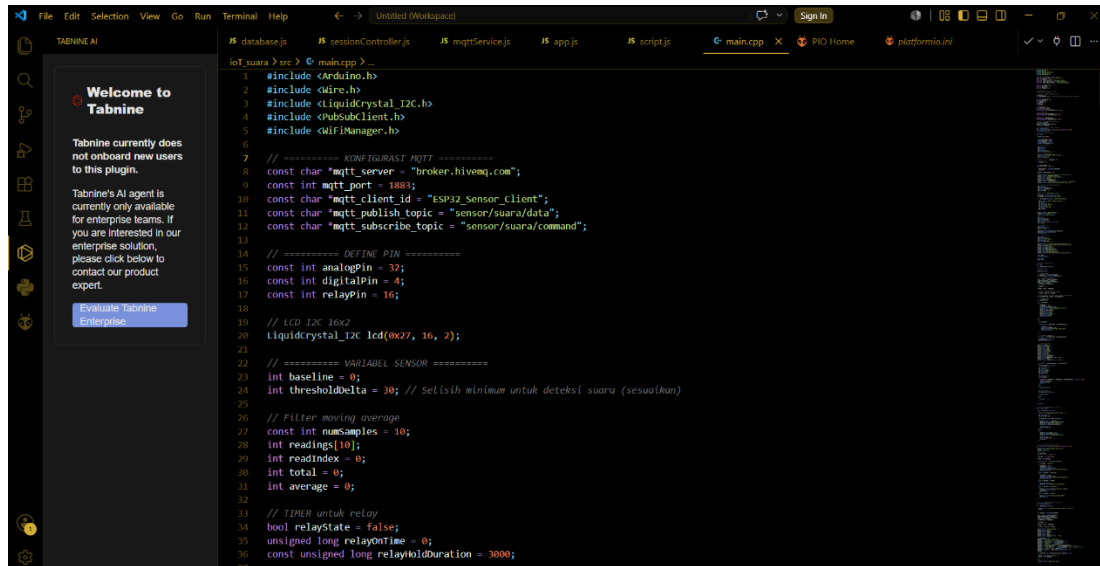
Implementasi perangkat lunak pada penelitian ini merupakan tahap penerapan logika sistem yang telah dirancang sebelumnya ke dalam bentuk program yang dijalankan pada mikrokontroler ESP32 serta integrasinya dengan *platform monitoring* berbasis *Internet of Things (IoT)*. Perangkat lunak berfungsi sebagai pengendali utama yang mengatur proses pembacaan data sensor, pengolahan nilai kebisingan, pengambilan keputusan berdasarkan ambang batas, serta pengiriman data ke sistem *monitoring* secara *real-time*.



Gambar 4.5 Alur Kerja Sistem

Pengembangan perangkat lunak dilakukan menggunakan lingkungan pemrograman yang kompatibel dengan ESP32, seperti Arduino IDE, dengan bahasa pemrograman C/C++. Program yang dikembangkan mencakup beberapa fungsi utama, yaitu inisialisasi perangkat, pembacaan data sensor suara KY-037 melalui pin analog, pengolahan data menggunakan fitur *Analog to Digital Converter* (ADC), serta pengendalian perangkat output berupa LED indikator dan

lampu peringatan. Selain itu, perangkat lunak juga mengatur koneksi jaringan Wi-Fi agar ESP32 dapat terhubung dengan *platform* IoT untuk mengirimkan data kebisingan secara berkala.



Gambar 4.6 Potongan Kode Program

Pada tahap implementasi, pembacaan sensor dilakukan secara kontinu dengan interval waktu tertentu untuk memastikan sistem mampu memantau perubahan kondisi suara secara *real-time*. Nilai analog yang diperoleh dari sensor kemudian dikonversi menjadi data digital yang merepresentasikan intensitas kebisingan. Data tersebut selanjutnya dibandingkan dengan nilai ambang batas yang telah ditentukan berdasarkan hasil pengujian awal. Jika nilai kebisingan berada di bawah ambang batas, sistem akan menampilkan kondisi normal, sedangkan jika melebihi ambang batas, sistem akan mengaktifkan indikator LED dan lampu peringatan sebagai bentuk respon terhadap kondisi bising.

Selain pengolahan data lokal, perangkat lunak juga mengimplementasikan fungsi komunikasi data menggunakan protokol jaringan berbasis IoT. ESP32 akan mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke *platform monitoring* seperti Web

Dashboard via MQTT melalui koneksi Wi-Fi. Data yang dikirim meliputi nilai kebisingan dan status kondisi lingkungan, yang kemudian ditampilkan dalam bentuk angka maupun grafik pada *dashboard*. Proses ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi kebisingan secara jarak jauh dan *real-time*, sehingga meningkatkan efektivitas sistem *monitoring*.

Perangkat lunak juga dirancang untuk memiliki struktur program yang modular dan efisien, sehingga memudahkan dalam proses pengembangan dan pemeliharaan sistem. Penggunaan fungsi-fungsi terpisah untuk pembacaan sensor, pengolahan data, dan komunikasi jaringan memungkinkan sistem bekerja secara stabil dan responsif. Selain itu, penerapan logika kontrol yang sederhana namun efektif menjadikan sistem mampu memberikan respon yang cepat terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Secara keseluruhan, implementasi perangkat lunak pada sistem ini menunjukkan bahwa integrasi antara pengolahan data lokal dan komunikasi IoT dapat berjalan dengan baik. Perangkat lunak mampu mendukung fungsi *monitoring* kebisingan secara *real-time*, serta memberikan informasi yang akurat dan mudah diakses oleh pengguna melalui *platform monitoring* yang telah disediakan.

4.4 Hasil Pengujian Sistem

Hasil pengujian sistem merupakan tahap penyajian data yang diperoleh dari proses pengujian yang telah dilakukan terhadap sistem *monitoring* kebisingan berbasis *Internet of Things* (IoT). Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dalam mendeteksi tingkat kebisingan, mengolah data sensor, serta memberikan respon terhadap kondisi lingkungan secara *real-time*. Data hasil

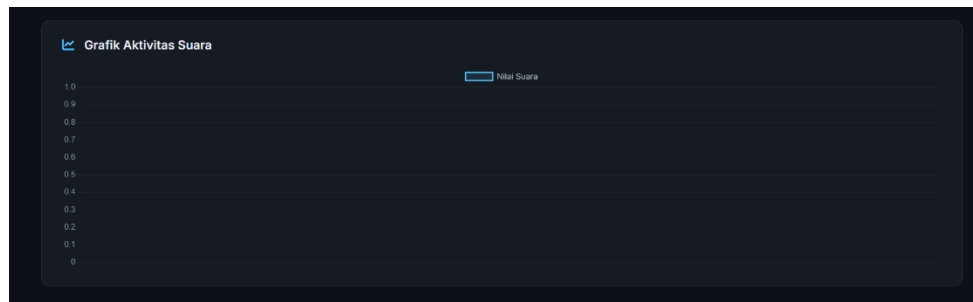
pengujian ini menjadi dasar dalam mengevaluasi apakah sistem yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi sumber suara dengan tingkat intensitas yang berbeda, mulai dari kondisi suara rendah, sedang, hingga tinggi. Setiap kondisi diuji secara berulang untuk memastikan konsistensi pembacaan sensor suara KY-037. Nilai yang dihasilkan oleh sensor berupa data analog yang kemudian dikonversi oleh ESP32 menjadi nilai digital. Hasil pembacaan tersebut dicatat dan dianalisis untuk mengetahui hubungan antara intensitas suara dengan nilai yang dihasilkan oleh sensor.

Tabel 4.1. Nilai Intensitas suara

No	Kondisi Suara	Nilai Sensor	Status Sistem	Respon LED
1	Rendah	1 – 10 Db	Normal	Lampu Off
2	Tinggi	11-55 Db	Aktif	Lampu on

Berdasarkan Tabel 4.2, sistem membagi intensitas suara menjadi dua kondisi, yaitu rendah dan tinggi. Pada kondisi suara rendah dengan nilai sensor 1–10 dB, sistem berada pada status normal sehingga lampu indikator OFF. Sebaliknya, pada kondisi suara tinggi dengan nilai sensor 11–55 dB, sistem berubah menjadi aktif dan lampu indikator ON sebagai tanda bahwa tingkat kebisingan telah melebihi batas yang ditentukan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan intensitas suara dan memberikan respons sesuai dengan nilai ambang batas (*threshold*) yang telah ditetapkan.



Gambar 4.7 Grafik Intensitas Suara

Berdasarkan Gambar 4.7, grafik aktivitas suara digunakan untuk menampilkan perubahan nilai intensitas suara secara *real-time* berdasarkan hasil pembacaan sensor. Pada tampilan tersebut, grafik masih belum menampilkan data karena sistem belum menerima pembacaan sensor atau proses perekaman belum dimulai. Setelah sistem aktif, grafik akan menampilkan perubahan nilai suara secara otomatis sesuai kondisi lingkungan yang terdeteksi. Hal ini menunjukkan bahwa sensor KY-037 memiliki sensitivitas yang cukup dalam mendeteksi perubahan intensitas suara di lingkungan. Selain itu, respon sistem terhadap perubahan nilai sensor juga berjalan dengan baik, di mana LED indikator dan lampu peringatan dapat aktif sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan.

Pengujian juga dilakukan terhadap kemampuan sistem dalam menampilkan data pada *platform* IoT. Hasil pengujian menunjukkan bahwa data kebisingan yang dikirim oleh ESP32 dapat diterima dan ditampilkan pada *dashboard* secara *real-time* dengan keterlambatan yang relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa sistem komunikasi data melalui jaringan Wi-Fi berjalan dengan stabil dan mendukung fungsi *monitoring* jarak jauh. Tampilan data dalam bentuk grafik juga memudahkan pengguna dalam memahami perubahan tingkat kebisingan dari waktu ke waktu.

Selain itu, dilakukan pengujian terhadap respon waktu sistem dalam memberikan peringatan ketika tingkat kebisingan melebihi ambang batas. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu memberikan respon secara cepat setelah nilai sensor melewati batas yang telah ditentukan. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan perangkat output berjalan dengan baik dan mampu memberikan peringatan secara langsung kepada pengguna. Respon cepat ini merupakan salah satu indikator keberhasilan sistem *monitoring* berbasis IoT dalam mendukung pengendalian kondisi lingkungan.

Secara keseluruhan, hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa sistem *monitoring* kebisingan yang dikembangkan telah mampu bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Sistem dapat mendeteksi, mengolah, dan menampilkan data kebisingan secara *real-time* serta memberikan respon yang tepat terhadap kondisi lingkungan. Data hasil pengujian ini selanjutnya akan dianalisis lebih lanjut pada subbab berikutnya untuk mengetahui tingkat akurasi dan keandalan sistem.



Gambar 4.8. Pengujian Alat Ketika Kondisi Normal

Berdasarkan hasil implementasi sistem *monitoring* kebisingan, ketika intensitas suara di lingkungan perpustakaan berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan, maka indikator peringatan berupa lampu LED tidak akan aktif. Kondisi ini menunjukkan bahwa tingkat kebisingan masih berada dalam kategori aman dan tidak mengganggu kenyamanan pengguna perpustakaan. Pada saat yang sama, sistem tetap melakukan proses *monitoring* secara *real-time* dengan merekam dan menampilkan nilai intensitas suara melalui layar *monitoring* sesuai dengan kondisi lingkungan sekitar. Dengan demikian, sistem mampu melakukan pengawasan kebisingan secara kontinu tanpa memberikan peringatan apabila nilai kebisingan belum melewati batas yang ditetapkan.



Gambar 4.9. Alat Ketika Aktif

Berdasarkan hasil pengujian sistem *monitoring* kebisingan, ketika intensitas suara di lingkungan perpustakaan melebihi ambang batas yang telah ditentukan, maka indikator peringatan berupa lampu LED akan aktif secara otomatis sebagai

tanda adanya kondisi kebisingan yang tinggi. Pada kondisi tersebut, sistem tetap melakukan proses *monitoring* secara *real-time* per 5 detik dengan merekam serta menampilkan nilai intensitas suara sesuai keadaan lingkungan sekitar melalui media *monitoring* yang tersedia.

4.5 Analisis Hasil Pengujian

Analisis hasil pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat kinerja sistem *monitoring* kebisingan berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah dikembangkan, baik dari aspek pembacaan sensor, respon sistem, maupun kemampuan *monitoring* secara *real-time*. Pengujian dilakukan pada beberapa titik lokasi di area perpustakaan dengan kondisi lingkungan yang berbeda untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi variasi tingkat kebisingan.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh data tingkat kebisingan pada beberapa titik pengamatan, yaitu koridor buku, halaman koridor, dan ruang diskusi. Perbedaan nilai kebisingan pada masing-masing lokasi menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan intensitas suara sesuai dengan kondisi lingkungan di sekitar sensor. Area koridor buku menghasilkan tingkat kebisingan tertinggi dibandingkan lokasi lainnya karena area tersebut memiliki aktivitas lalu lintas pengunjung yang lebih tinggi, sedangkan halaman koridor menunjukkan tingkat kebisingan yang lebih rendah karena kondisi lingkungan yang relatif lebih tenang.

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Tingkat Kebisingan di Area Perpustakaan

Waktu& Tanggal	Durasi Pengujian Alat	Jumlah Pengunjung	Status Kebisingan	Respon Alat
23/07/2026, 12.18.43 - 13.01.53	43m 10s	<10	2 Terdeteksi	ON
23/07/2026, 11.08.12 - 11.45.15	37m 3s	<15	3 Terdeteksi	ON
22/07/2026, 14.51.04 - 15.30.05	39m 1s	>20	3 Terdeteksi	ON
22/07/2026, 13.11.02 - 13.44.24	33m 22s	<20	4 Terdeteksi	ON
22/07/2026, 11.04.51 - 11.40.07	35m 16s	<15	0 Terdeteksi	OFF
24/07/2026, 11.05.26 – 11.38.20	32m in 54s	<15	2 Terdeteksi	ON

24/07/2026, 11.45.05 – 12.15.07	30m 02s	<10	0 Terdeteksi	OFF
28/07/2026, 12.17.51 – 12.47.53	30m 02s	<15	2 Terdeteks	ON
28/07/2026, 13.01.45 – 13.35.32	33m 47s	<10	0 Terdeteksi	OF

Berdasarkan Tabel 4.2, sistem mampu memberikan respon yang berbeda sesuai dengan tingkat kebisingan yang terdeteksi. sistem menunjukkan kondisi normal dengan tidak mengaktifkan lampu relay dan hanya menampilkan status dilayar LED monitor. Namun Sistem akan mendeteksi suara dan mengaktif lampu relay sebagai pertanda visual ketika melebihi *threshold* yang telah ditentukan yaitu berupa 15 *desible*.

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan data *monitoring* pada *dashboard* IoT secara *real-time*. Data hasil pembacaan sensor yang dikirim melalui ESP32 dapat diterima dan ditampilkan dengan baik pada *platform monitoring* tanpa mengalami keterlambatan yang signifikan. Rata-rata waktu respon sistem berada pada rentang 1–3 detik sejak sensor mendeteksi perubahan suara hingga data ditampilkan pada *dashboard* dan indikator peringatan aktif. Hal ini menunjukkan bahwa koneksi komunikasi data melalui

jaringan Wi-Fi berjalan dengan stabil dan mendukung proses *monitoring* jarak jauh secara efektif.

Selain itu, sistem menunjukkan kemampuan yang cukup baik dalam melakukan pembacaan kondisi lingkungan secara kontinu. Sensor KY-037 mampu mendeteksi perubahan intensitas suara di setiap lokasi pengujian dengan respon yang konsisten. Meskipun demikian, hasil pengukuran masih dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar, seperti jarak sumber suara, arah datangnya suara, dan aktivitas di sekitar area sensor. Oleh karena itu, nilai yang dihasilkan oleh sensor lebih bersifat sebagai indikator relatif tingkat kebisingan dibandingkan nilai absolut yang sepenuhnya akurat seperti alat pengukur *desible* profesional.

4.6 Evaluasi Sistem

Evaluasi sistem dilakukan untuk menilai tingkat keberhasilan sistem monitoring kebisingan berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah dikembangkan berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang dilakukan pada lingkungan perpustakaan. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menjalankan fungsi *monitoring* secara *real-time*, mendeteksi tingkat kebisingan, memberikan respon otomatis, serta menampilkan data *monitoring* melalui *platform* IoT.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada beberapa titik lokasi di area perpustakaan, sistem menunjukkan kemampuan yang cukup baik dalam mendeteksi perubahan tingkat kebisingan lingkungan. Sensor suara KY-037 mampu membaca intensitas suara pada setiap area pengujian dan menghasilkan nilai yang berbeda sesuai dengan kondisi lingkungan di sekitar sensor. Perbedaan nilai kebisingan yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja

secara responsif terhadap perubahan kondisi suara yang terjadi di lingkungan perpustakaan.

Dari sisi pemrosesan data, mikrokontroler ESP32 mampu menjalankan fungsi pembacaan sensor, pengolahan data, dan pengendalian *output* secara stabil. Sistem dapat menentukan kategori kondisi kebisingan berdasarkan nilai ambang batas yang telah ditentukan sebelumnya, kemudian memberikan respon melalui indikator LED dan lampu peringatan. Pada kondisi normal, sistem menonaktifkan lampu, sedangkan pada kondisi kebisingan tinggi sistem secara otomatis mengaktifkan lampu peringatan. Hal ini menunjukkan bahwa logika kontrol yang diterapkan pada sistem telah berjalan sesuai dengan rancangan yang dibuat.

Selain itu, sistem *monitoring* berbasis IoT yang diterapkan juga menunjukkan performa yang baik dalam proses pengiriman data. Data hasil pembacaan sensor berhasil dikirim dan ditampilkan pada *dashboard monitoring* secara *real-time* dengan waktu respon yang relatif cepat. Koneksi komunikasi data melalui jaringan Wi-Fi berjalan cukup stabil selama proses pengujian berlangsung, sehingga pengguna dapat memantau kondisi kebisingan dari jarak jauh tanpa harus berada langsung di lokasi pengujian.

Meskipun sistem telah bekerja dengan baik, terdapat beberapa keterbatasan yang ditemukan selama proses evaluasi. Sensor KY-037 yang digunakan masih memiliki sensitivitas yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar, seperti jarak sumber suara, arah suara, dan aktivitas lain di sekitar area pengujian. Selain itu, sistem belum menggunakan alat kalibrasi standar untuk mengukur tingkat kebisingan dalam satuan desibel secara presisi, sehingga nilai yang dihasilkan lebih bersifat sebagai indikator relatif tingkat kebisingan. Faktor lain yang

menjadi keterbatasan adalah pengujian sistem yang masih dilakukan pada area terbatas sehingga hasil pengujian belum sepenuhnya mewakili seluruh kondisi lingkungan perpustakaan.

Tabel 4.3. Evaluasi Sistem Monitoring Kebisingan

Aspek Evaluasi	Hasil Evaluasi
Pembacaan Sensor	Sensor mampu mendeteksi perubahan intensitas suara
Respon Sistem	Sistem mampu memberikan respon otomatis sesuai kondisi
<i>Monitoring</i> IoT	Data berhasil ditampilkan secara <i>real-time</i>
Koneksi Sistem	Koneksi Wi-Fi berjalan stabil
Waktu Respon	Respon sistem relatif cepat (1–2 detik)
Keterbatasan Sistem	Dipengaruhi kondisi lingkungan dan belum terkalibrasi standar

Berdasarkan hasil evaluasi secara keseluruhan, sistem *monitoring* kebisingan berbasis IoT yang dikembangkan telah mampu memenuhi tujuan penelitian, yaitu melakukan *monitoring* tingkat kebisingan secara *real-time* dan memberikan peringatan terhadap kondisi lingkungan yang melebihi ambang batas. Sistem juga mampu menampilkan data *monitoring* melalui *dashboard* IoT secara baik dan responsif. Dengan demikian, sistem ini dapat dijadikan sebagai solusi pendukung dalam membantu menjaga kondisi lingkungan perpustakaan agar tetap kondusif dan nyaman bagi pengguna.

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penelitian mengenai sistem monitoring tingkat kebisingan ruang perpustakaan berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan sensor suara KY-037 dan mikrokontroler ESP32 telah berhasil direalisasikan dan bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem mampu mendeteksi perubahan tingkat kebisingan di lingkungan perpustakaan secara *real-time* melalui pembacaan sensor suara yang terhubung dengan ESP32 sebagai pusat pengendali sistem.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat membaca tingkat kebisingan pada beberapa area perpustakaan dengan nilai yang berbeda sesuai kondisi lingkungan. Data hasil pembacaan sensor berhasil diproses oleh ESP32 untuk menentukan kategori kondisi kebisingan berdasarkan ambang batas yang telah ditentukan. Sistem juga mampu memberikan respon otomatis berupa indikator LED dan lampu peringatan ketika tingkat kebisingan melebihi batas normal.

Selain itu, sistem *monitoring* berbasis IoT yang diterapkan mampu mengirimkan dan menampilkan data hasil pembacaan sensor pada *dashboard monitoring* secara *real-time* melalui jaringan internet. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara sensor suara, mikrokontroler ESP32, dan *platform* IoT berjalan dengan baik sehingga memungkinkan proses *monitoring* dilakukan secara jarak jauh.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan telah mampu menjalankan fungsi *monitoring* kebisingan secara *real-time* dan dapat digunakan sebagai media pendukung dalam membantu menjaga kondisi lingkungan perpustakaan agar tetap kondusif, nyaman, dan mendukung aktivitas belajar maupun membaca.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian sistem yang telah dilakukan, masih terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan untuk meningkatkan kinerja dan efektivitas sistem *monitoring* kebisingan berbasis IoT. Oleh karena itu, saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan sensor dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan sensor suara dengan tingkat akurasi yang lebih baik dan telah mendukung pengukuran dalam satuan desibel (dB) secara lebih presisi. Penggunaan sensor yang lebih sensitif dan terkalibrasi dapat meningkatkan kualitas hasil *monitoring* sehingga data yang diperoleh lebih akurat dan stabil pada berbagai kondisi lingkungan.
2. Penambahan fitur notifikasi otomatis, sistem yang dikembangkan pada penelitian ini masih menggunakan indikator visual berupa LED dan lampu peringatan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat menambahkan fitur notifikasi otomatis seperti pesan melalui aplikasi *mobile*, Telegram, *email*, atau alarm suara sehingga pengguna dapat memperoleh informasi kebisingan secara lebih cepat dan efektif.
3. Pengembangan *platform monitoring* yang lebih interaktif, *dashboard monitoring* pada penelitian ini masih menampilkan data secara sederhana.

Pada penelitian berikutnya, sistem dapat dikembangkan dengan tampilan antarmuka yang lebih interaktif, seperti penambahan grafik histori data, laporan *monitoring* otomatis, serta fitur penyimpanan *database* sehingga proses pemantauan dan analisis data dapat dilakukan secara lebih optimal.

4. Perluasan area dan kondisi pengujian sistem, pengujian sistem pada penelitian ini masih dilakukan pada area terbatas di lingkungan perpustakaan. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian pada berbagai kondisi ruangan dan tingkat aktivitas yang berbeda agar dapat diketahui tingkat keandalan sistem secara lebih menyeluruh dan mendekati kondisi nyata penggunaan.
5. Pengembangan sistem berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), pada pengembangan berikutnya, sistem *monitoring* kebisingan dapat dikombinasikan dengan teknologi kecerdasan buatan atau *machine learning* untuk mengenali jenis sumber suara secara otomatis. Dengan demikian, sistem tidak hanya mampu mendeteksi tingkat kebisingan, tetapi juga dapat mengidentifikasi sumber suara yang menyebabkan gangguan di lingkungan perpustakaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akuntansi, J., Oki, I., & Brata, D. (2021). *ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM “ Study Literasi Merancang Masukan Yang Efektif (Designing Effective Input).”* 7(1), 1831–1854.
- Arif Setia Sandi Ariyanto, Deny Nugroho Triwibowo, Imam Ahmad Ashari, & Rito Cipta Sigitta Haryono. (2026). Implementasi dan Evaluasi Kinerja Sistem IoT Multi-Sensor Berbasis ESP32 untuk Pemantauan dan Peringatan Dini Lingkungan secara Real-Time. *JSAI (Journal Scientific and Applied Informatics)*, 9(1), 118–125. <https://doi.org/10.36085/jsai.v9i1.9861>
- Azis, A., Amaliah, A., & Harun Rasyid, K. (2023). SISTEM MONITORING KEBISINGAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT). *Jurnal Media Elektrik*, 20(3), 12–18. <https://doi.org/10.59562/metrik.v20i3.5548>
- Damanik, M. T., & Kirana, I. O. (2022). *Sistem Monitoring Alat Pendeteksi Kebisingan Suara di Perpustakaan Stikom Tunas Bangsa Pematangsiantar Berbasis Mikorokontroller Arduino Uno.* 2(1), 79–86.
- Hasan, A. R., Chotimah, C., & Junaris, I. (2023). *Jurnal Manajemen Mutu Pendidikan.* 11(2), 47–55. <https://doi.org/10.23960/jmmp.v11.i2.2023.05>
- Konsep, P., Di, E., Universitas, P., & Utara, S. (2022). *Jurnal Teknologi , Kesehatan Dan Ilmu Sosial.* 4(2), 369–376.
- Mirjaz, N. N., Syathir, A., Az-zahra, S., & Martana, S. P. (2024). *PENELITIAN TINGKAT KEBISINGAN PADA PERPUSTAKAAN DI LANTAI 8.* 5(September), 36–42.

- Ni, A., & Irawan, D. (2024). *Design and Build Noise and CO2 Control Devices in IOT (Internet of Things) Based Libraries*. 5(6), 2861–2870.
- Pendidikan, J., Guru, P., & Dasar, S. (2023). *DEVELOPMENT OF QUALITY INSTRUMENTS AND DATA COLLECTION*. 6(1), 119–124.
- Pln, P. T., Ultg, P., Elektro, S. T., & Surabaya, U. N. (2023). *SISTEM PERINGATAN DINI GANGGUAN GARDU INDUK BERBASIS IOT PADA POS KEAMANAN GIS 150KV GUNUNGSARI Ghina Fatma Cahyanni SI Teknik Elektro , Fakultas Teknik , Universitas Negeri Surabaya I Made Niantara , Farid Baskoro*. 195–205.
- Putri, T. S., Wahidi, A., Islam, U., Raden, N., & Palembang, F. (2025). *Perpustakaan stihpada dari sudut gedung hingga menjadi ruang nyaman dan inovatif 1,2*. 3(01), 11–26.
- Ritonga, A. A. (2025). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Lingkungan Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Protokol MQTT dan Platform Cloud ThingSpeak*. (1), 74–80.
- Sahroni, A., Syafiyana, R., & Panca putra, I. (2022). *SOULME : IoT Sistem Monitoring Pengeras Suara Masjid (Studi kasus di Majid Al hidayah Kimpulan Utara Kampus UII)*. *Ajie*, 06(September), 114–130.
<https://doi.org/10.20885/ajie.vol6.iss3.art3>
- Siddik, Y. D., Manaor, A., Pardede, H., & Kahir, H. (2026). *Rancang Bangun Alat Deteksi Kebisingan Perpustakaan dengan Indikator Peringatan Berbasis Internet Of Things (IOT)*. (April).
- Sinuhaji, N. (2023). *Sistem Monitoring Tingkat Kebisingan Dan Kendali Intensitas Cahaya Pengunjung Pada Perpustakaan Berbasis Internet Of*

Things. *RESOLUSI: Rekayasa Teknik Informatika Dan Informasi*, 4(1), 100–105. <https://djournals.com/resolusi>

Sitopu, J. W., Safarudin, M. S., Wahyu, M., Adam, S., Safar, M., Ichsan, U., Rappang, S., Simalungun, U., & Bone, U. M. (2024). *Mengenal Internet of Things (IoT): Penerapan Konsep dan Manfaatnya dalam Kehidupan Sehari-hari*. 4(4), 827–835.

Susanto, W., Sukadarmika, G., & Setiawan, W. (2021). *RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS AIR UNTUK PEMBUDIDAYAAN IKAN PATIN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)*. 8(3), 128–140.

Wilani, L., Peslinof, M., & Pebralia, J. (2023). *RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KEBISINGAN PADA RUANGAN DENGAN SENSOR SUARA GY-MAX4466 BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)*. 7(3).

Ximenes, N., Maubana, W., Lipikun, H., Fisika, P. S., & Pedro, U. S. (2022). *Pengukuran Tingkat Kebisingan di Lingkungan Dinas Kearsipan dan Perpustakaan Provinsi Nusa Tenggara Timur*. 2(1), 124–129.