

**PENGEMBANGAN *BACKEND* API DAN SISTEM KONTROL
TERDISTRIBUSI UNTUK OPTIMASI DISTRIBUSI AUDIO
MULTI-ZONA MASJID BERBASIS *CYBER-PHYSICAL*
SYSTEM (CPS)**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan gelar Strata
Satu Program Studi Informatika**



**JAUHARATUN NAFIISAH
22EO10028**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA AL GHAZALI
CILACAP
2026**

**PENGEMBANGAN *BACKEND* API DAN SISTEM KONTROL
TERDISTRIBUSI UNTUK OPTIMASI DISTRIBUSI AUDIO
MULTI-ZONA MASJID BERBASIS *CYBER-PHYSICAL*
SYSTEM (CPS)**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan gelar Strata
Satu Program Studi Informatika**



**JAUHARATUN NAFIISAH
22EO10028**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA AL GHAZALI
CILACAP
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa penulisan skripsi dengan judul “Pengembangan *Backend* API dan Sistem Kontrol Terdistribusi untuk Optimasi Distribusi Audio Multi-Zona Masjid Berbasis *Cyber-Physical System* (CPS)” adalah hasil karya saya dengan arahan dari pembimbing dan belum diajukan kepada pihak manapun. Sumber informasi yang dikutip dalam skripsi ini telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila di kemudian hari terdapat ketidaksesuaian dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.



LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi Saudara

Nama : Jauharatun Nafiisah
NIM : 22EO10028
Fakultas/Prodi : Fakultas MIKOM / Informatika
Judul : Pengembangan *Backend* API dan Sistem Kontrol Terdistribusi untuk Optimasi Distribusi Audio Multi-Zona Masjid Berbasis *Cyber-Physical System* (CPS)

Telah disidangkan oleh Dewan Penguji Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap pada hari / tanggal :

Jumat, 03 Juli 2026

Dan dapat diterima sebagai pemenuhan tugas akhir mahasiswa Program Strata Satu (S.1) Program Studi Informatika (S.Kom.) Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer (FMIKOM) pada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap.

Cilacap, 14 Juli 2026

Dewan Sidang

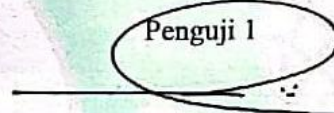
Ketua


Tri Anggoro, M.Kom.
NIDN 0601128103

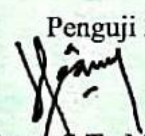
Sekretaris


Safiq Rosad, S.T., M.Kom.
NIDN 0609018101

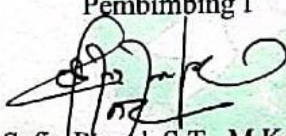
Penguji 1


Tri Anggoro, M.Kom.
NIDN 0601128103

Penguji 2


Verry, S.T., M.Kom.
NIDN 0628068001

Pembimbing I

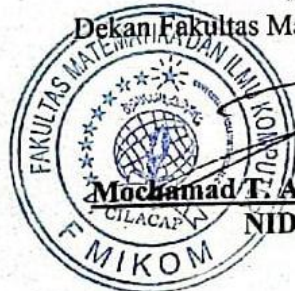

Safiq Rosad, S.T., M.Kom.
NIDN 0609018101

Pembimbing II


Koko Edy Yulianto, M.Kom.
NIP 230714144

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer




Mochamad T. A. Aziz Zein, S.Si., M.Kom.
NIDN 2125098601

HALAMAN NOTA KONSULTAN

Tri Anggoro, M.Kom.

Dosen Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer
Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap

NOTA KONSULTAN

Hal : Skripsi Saudara/i Jauharotun Nafiisah
Lampiran : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer
Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap
di Cilacap

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

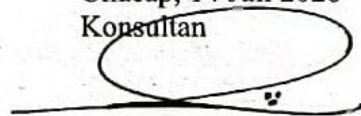
Setelah membaca, memeriksa dan melakukan perbaikan seperlunya maka skripsi saudara/i:

Nama : Jauharatun Nafiisah
NIM : 22EO10028
Prodi : Informatika
Judul : Pengembangan *Backend* API dan Sistem Kontrol Terdistribusi untuk Optimasi Distribusi Audio Multi-Zona Masjid Berbasis *Cyber-Physical System* (CPS)

Dapat diajukan ke Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Strata Satu (S1).

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Cilacap, 14 Juli 2026
Konsultan



Tri Anggoro, M.Kom.
NIDN 0601128103

HALAMAN NOTA PEMBIMBING

Cilacap, 25 Juni 2026

Kepada Yth :
Fakultas Matematika dan Komputer (FMIKOM)
UNUGHA Cilacap
di Cilacap

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Setelah melakukan bimbingan, telaah, arahan dan koreksi tahap penulisan skripsi saudara:

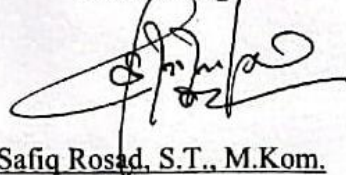
Nama : Jauharotun Nafiisah
NIM : 22EO10028
Fakultas : Matematika dan Ilmu Komputer
Prodi : Informatika
Judul : Pengembangan *Backend* API dan Sistem Kontrol Terdistribusi untuk Optimasi Distribusi Audio Multi-Zona Masjid Berbasis *Cyber-Physical System* (CPS)

Kami berpendapat bahwa skripsi tersebut sudah dapat diajukan ke sidang skripsi. Bersamaan ini kami kirimkan skripsi tersebut, semoga dapat segera disidangkan.

Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.
Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

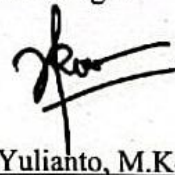
Mengetahui,

Pembimbing I



Safiq Rosad, S.T., M.Kom.
NIDN 0609018101

Pembimbing II



Koko Edy Yulianto, M.Kom.
NIP 230714144

HALAMAN MOTO

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."

(QS. Al-Baqarah: 286)

"Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan."

(QS. Al-Insyirah : 6)

Kalau hari ini terasa berat, coba jalani saja dulu. Serahkan hal-hal yang memberatkanmu kepada pemilik ujian itu. Biar Allah mengatur bagaimana baiknya. Tugasmu sederhana, tetap bertahan sampai badaimu usai.

(Muyassaroh)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT, Rabb semesta alam yang senantiasa memberikan karunia sehingga penulis mampu menyelesaikan penulisan skripsi ini. Karya ini saya persembahkan kepada :

1. Cinta pertamaku, bapak Ahmad Zamrudin. Terimakasih atas segala kasih sayang, kerja keras, dan pengorbananmu yang tak pernah berhenti sejak aku kecil hingga kini. Engkau adalah sosok yang dengan penuh kesabaran membesarkan, mendidik serta menghantarkan aku menuju gerbang pendidikan yang lebih tinggi.
2. Perempuan tercantikku, mama Siti Nur Hidayati. Terimakasih mama telah melahirkan, mendidik, dan merawatku dengan sepenuh hati, dari setiap do'a yang engkau panjatkan, pelukan, hingga tetesan air matamu, aku belajar arti ketulusan yang sesungguhnya. Tanpamu aku bukanlah siapa-siapa. Engkaulah sumber kekuatanku, penopang dalam setiap langkah, dan cahaya yang selalu menerangi jalan hidupku. Perjuangan dan kasih sayangmu yang tak terhitung nilainya menjadi alasan terbesarku untuk terus berjuang sampai titik ini.
3. Orang tua kedua saya, Abah dan Ibu beserta putra-putrinya yang telah mendo'akan, mendukung, membimbing, memberikan semangat, dan kasih sayangnya hingga penulis berhasil sampai dititik ini.
4. Saudara tercintaku, kakak Ahmad Hasan Al-Mudzakki dan adek Nashichul Umam Al-Faqih. Hadirnya kalian membuat hidupku jauh lebih berwarna. Walau sering kali tingkah kalian membuatku kesal, namun justru itulah yang melengkapi perjalanan hidupku dan membuatku belajar banyak hal tentang kesabaran, kebersamaan, dan arti keluarga. Semoga keberhasilan kecil ini juga menjadi kebanggaan kita bersama.
5. Kakak perempuan tercintaku, Nur Khotimah beserta suaminya. Terimakasih sudah selalu berusaha memberikan yang terbaik untuk adikmu, kasih sayang dan dukungan kalian sangat berarti dalam perjalanan ini. Terimakasih atas segala dukungan dan motivasi yang tak pernah berhenti.

6. Keluarga besar, atas do'a, dukungan, dan cinta yang senantiasa menguatkan di setiap langkah perjuangan ini. Terimakasih untuk kehangatan dan ketulusannya.
7. Sahabat terbaik, Dzakiyah Savana Hati dan Alfauzani Amalia Dekha Safitri. Terimakasih atas setiap do'a, semangat, tawa, dan kebersamaan yang selalu kalian hadirkan di setiap langkahku. Kalian bukan hanya sahabat, tetapi juga seperti saudara yang selalu ada dikala suka maupun duka. Dukungan, candaan, dan nasihat sederhana dari kalian menjadi energi besar yang membuat penulis mampu melewati berbagai proses hingga skripsi ini terselesaikan.
8. Sahabat secepat di ndalem yang saya sayangi, Mba Ulil, Annisa, Ulfi, Dewi, Chintia, dan Fatin. Yang tak pernah berhenti memberikan do'a, dukungan dan semangatnya mendorong penulis agar mampu menyelesaikan skripsi ini.
9. Teman "terhebat" yang tak dapat disebutkan satu per satu. Terimakasih atas setiap bantuan, dukungan, dan dorongan positif yang telah diberikan selama proses ini, kontribusi kalian sangat berarti dalam perjalanan ini.
10. Keluarga FMIKOM Angkatan 2022 yang selalu memberikan keceriaan, kebersamaan dan motivasi.
11. Seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, orang spesial berinisial I yang telah kebersamaan penulis, memberikan semangat, motivasi, support serta berkontribusi tenaga dan waktu selama proses penyusunan skripsi ini. Terimakasih atas do'a yang senantiasa dilangitkan dan seluruh hal baik yang diberikan selama ini.
12. Terakhir, untuk diri saya sendiri Jauharotun Nafiisah, terimakasih atas segala kerja keras dan semangatnya sehingga mampu bertahan dan terus melangkah sejauh ini. Terimakasih kepada raga dan jiwa yang masih tetap tegar dan ikhlas menjalani semuanya hingga sekarang. Terimakasih telah percaya pada keraguan dan kelelahan dalam setiap proses ini, meskipun jalannya terasa begitu berat. Saya bangga pada diri saya sendiri. Kedepannya untuk raga yang tetap kuat, hati yang selalu tegar, mari bekerjasama untuk lebih berkembang lagi menjadi pribadi yang lebih baik dari hari ke hari.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan nikmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi. Sholawat dan salam senantiasa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai pembimbing seluruh umat manusia.

Skripsi ini tidak akan selesai tanpa adanya bantuan dari banyak pihak, karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Mochamad T.A. Aziz Zein M.Kom, Dekan FMIKOM UNUGHA
2. Bapak Safiq Rosad, S.T., M.Kom, pembimbing I yang telah dengan sabar memberikan bimbingan dan petunjuk dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Koko Edy Yulianto, M.Kom, pembimbing II yang telah dengan sabar memberikan bimbingan dan petunjuk dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Verry S.T. M.Kom, sebagai Pembimbing Akademis
5. Pihak instansi SHATOMEDIA
6. Bapak-Ibu dosen Program Studi Informatika, Sistem Informasi dan Matetamika FMIKOM UNUGHA
7. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu

Semoga Allah SWT membalas jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Amiin. Penulis berharap semoga karya kecil ini bermanfaat bagi pembaca.

Cilacap, 25 Juni 2026



Jauharotun Nafiisah

ABSTRAK

JAUHAROTUN NAFIISAH. Pengembangan *Backend* API dan Sistem Kontrol Terdistribusi untuk Optimasi Distribusi Audio Multi-Zona Masjid Berbasis *Cyber-Physical System* (CPS). Dibimbing oleh Safiq Rosad, S.T., M.Kom. dan Koko Edy Yulianto, M.Kom.

Sistem audio masjid yang masih terpusat menimbulkan keterbatasan dalam pemantauan dan pengendalian distribusi suara pada setiap zona secara terukur dan terintegrasi. Kondisi tersebut menyebabkan pengelolaan kualitas suara menjadi kurang optimal, terutama pada masjid dengan cakupan area yang luas dan pembagian zona yang beragam. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem *backend* yang mampu mendukung mekanisme kontrol terdistribusi dan komunikasi data secara real-time sebagai bagian dari infrastruktur *cyber-physical system* (CPS) dalam pengelolaan audio multi-zona.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan *backend Application Programming Interface* (API) serta sistem kontrol terdistribusi yang berfungsi sebagai fondasi pengelolaan audio masjid berbasis CPS. *Backend* dirancang untuk mengelola data zona, node, pembacaan *Sound Pressure Level* (SPL), riwayat tindakan kontrol, serta sistem peringatan (*alert*). Selain itu, sistem menyediakan antarmuka komunikasi terstandar melalui protokol HTTP REST dan MQTT guna mendukung integrasi antara dashboard pengelola dan node lapangan.

Metodologi penelitian menggunakan *System Development Life Cycle* (SDLC) yang meliputi studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Sistem dikembangkan dengan membangun REST API menggunakan FastAPI, mengintegrasikan basis data PostgreSQL melalui ORM SQLAlchemy, serta menggunakan MQTT untuk komunikasi dengan node zona. Tahap akhir dilakukan melalui pengujian fungsional dan evaluasi kinerja sistem.

Penelitian ini menghasilkan *backend* API dan fondasi sistem kontrol terdistribusi untuk pengelolaan audio multi-zona masjid berbasis CPS. Sistem yang dikembangkan mampu mengelola data zona, node, pembacaan SPL, peringatan, dan riwayat tindakan kontrol secara terintegrasi melalui REST API dan komunikasi MQTT. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama *backend* berjalan sesuai kebutuhan serta mampu mendukung pertukaran dan pengelolaan data secara *real-time*.

Kata kunci : *Backend* API, *Cyber-Physical System*, Masjid Pintar, Distribusi Audio Multi-Zona, MQTT, REST API, Kontrol Terdistribusi

ABSTRACT

JAUHAROTUN NAFIISAH. Development of a Backend API and Distributed Control System for Optimizing Multi-Zone Mosque Audio Distribution Based on a Cyber-Physical System (CPS). Supervised by Safiq Rosad, S.T., M.Kom. and Koko Edy Yulianto, M.Kom.

The centralized mosque audio system presents limitations in monitoring and controlling sound distribution across each zone in a measurable and integrated manner. This condition results in suboptimal sound quality management, especially in mosques with large coverage areas and diverse zoning. Therefore, a backend system capable of supporting distributed control mechanisms and real-time data communication as part of the cyber-physical system (CPS) infrastructure for multi-zone audio management is required.

This research aims to design and develop a backend Application Programming Interface (API) and a distributed control system that serve as the foundation for CPS-based mosque audio management. The backend is designed to manage zone data, nodes, Sound Pressure Level (SPL) readings, control action history, and an alert system. In addition, the system provides a standardized communication interface through the HTTP REST and MQTT protocols to support integration between the management dashboard and field nodes.

The research methodology used the System Development Life Cycle (SDLC), which includes literature review, requirements analysis, system design, implementation, and testing. The system was developed by building a REST API using FastAPI, integrating a PostgreSQL database through the SQLAlchemy ORM, and using MQTT for communication with zone nodes. The final stage was functional testing and system performance evaluation.

This research resulted in a backend API and the foundation of a distributed control system for multi-zone mosque audio management based on CPS. The developed system is capable of managing zone and node data, SPL readings, alerts, and control action history in an integrated manner through the REST API and MQTT communication. Test results showed that all main backend functions functioned as required and supported real-time data exchange and management.

Keywords: Backend API, Cyber-Physical System, Smart Mosque, Multi-Zone Audio Distribution, MQTT, REST API, Distributed Control

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
HALAMAN NOTA KONSULTAN.....	v
HALAMAN NOTA PEMBIMBING.....	vi
HALAMAN MOTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	x
ABSTRAK.....	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
A. Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
B. Rumusan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
C. Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
D. Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
E. Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
F. Kontribusi Penelitian	Error! Bookmark not defined.
G. Keaslian Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
H. Keterbaruan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
A. Penelitian Terkait	Error! Bookmark not defined.
B. Landasan Teori.....	Error! Bookmark not defined.
1. Sistem Audio Masjid dan CPS	Error! Bookmark not defined.
2. Sistem Kontrol Terdistribusi	Error! Bookmark not defined.
3. Arsitektur REST API.....	Error! Bookmark not defined.
4. Protokol MQTT	Error! Bookmark not defined.
5. Basis Data Relasional.....	Error! Bookmark not defined.
6. Python.....	Error! Bookmark not defined.

BAB III METODOLOGI.....	Error! Bookmark not defined.
A. Jenis Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
B. Waktu dan Tempat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1. Waktu Penelitian	Error! Bookmark not defined.
2. Tempat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
C. Subjek dan Objek Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1. Subjek Penelitian	Error! Bookmark not defined.
2. Objek Penelitian	Error! Bookmark not defined.
D. Alat dan Bahan.....	Error! Bookmark not defined.
1. Kebutuhan Perangkat Keras (Hardware).....	Error! Bookmark not defined.
2. Kebutuhan Perangkat Lunak	Error! Bookmark not defined.
3. Bahan / Data Uji	Error! Bookmark not defined.
E. Prosedur Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1. Studi Literatur.....	Error! Bookmark not defined.
2. Analisis Kebutuhan	Error! Bookmark not defined.
3. Perancangan Sistem.....	Error! Bookmark not defined.
4. Implementasi <i>Backend</i> API	Error! Bookmark not defined.
5. Pengujian Sistem	Error! Bookmark not defined.
6. Dokumentasi dan Analisis	Error! Bookmark not defined.
F. Jadwal Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
A. Lingkungan Implementasi Sistem.....	Error! Bookmark not defined.
1. Konfigurasi Perangkat Keras.....	Error! Bookmark not defined.
2. Konfigurasi Perangkat Lunak.....	Error! Bookmark not defined.
3. Hasil Implementasi Basis Data.....	Error! Bookmark not defined.
4. Hasil Implementasi <i>Backend</i> API.....	Error! Bookmark not defined.
5. Hasil Pengujian Kinerja <i>Backend</i>	Error! Bookmark not defined.
6. Hasil Pengujian Integrasi Sistem.....	Error! Bookmark not defined.
B. Pembahasan Hasil terhadap Tujuan dan Batasan... defined.	Error! Bookmark not defined.
1. Kesesuaian dengan Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
2. Posisi Kontrol Adaptif dalam Skripsi.....	Error! Bookmark not defined.
3. Keterbatasan dan Implikasi	Error! Bookmark not defined.
BAB V KESIMPULAN	Error! Bookmark not defined.

A. Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
B. Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 1 (Implementasi <i>SQLAlchemy Models</i>).....	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 2 (Konfigurasi Database <i>Connection</i>)	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 3 (Database Migration dengan Alembic)	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 4 (<i>Pydantic Schemas (Request/Response Models)</i>)	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 5 (Router <i>Implementation</i> untuk CRUD Zona).....	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 6 (Router untuk Data Sensor (<i>SPL Reading</i>))	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 7 (Implementasi <i>Endpoint</i> Kontrol Audio)	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 8 (Implementasi <i>Autentikasi JWT</i>)...	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 9 (Konfigurasi MQTT Client (Integrasi IoT))	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 10 (<i>Main Application Setup</i>)	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 11 (Rekaman Data Sensor Readings).....	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 12 (Data Pengujian Waktu <i>Respons Endpoint</i>)	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 13 (Data Pengujian Latensi Komunikasi MQTT <i>End-to-End</i>)	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 14 (Data Hasil Pengujian Integrasi MQTT dan Penyimpanan Data).....	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 15 (Master Data Validasi dan Evaluasi).....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mind Map Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 2 Taxonomy Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 3 Ilustrasi Sistem Audio Masjid Berbasis CPS ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 1 Alur Prosuder Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 2 Diagram Use Case Sistem <i>Backend</i> API Audio Masjid.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 3 Kategori <i>Endpoint</i> API berdasarkan Fungsi Utama	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 4 <i>Activity</i> Diagram Tiga Skenario Utama	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 5 Arsitektur Teknis <i>Backend</i> API dengan Teknologi Stack.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 6 Diagram <i>Sequence</i> Komunikasi antara Klien, <i>Backend</i> , MQTT Broker, dan Basis Data.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 7 Diagram <i>Entity-Relationship</i> (ER) Basis Data Sistem Audio Masjid	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 8 Diagram Kelas Model <i>Backend</i> API Sistem Audio Masjid	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 9 Diagram Alur Data (DFD) Logika Kontrol Terdistribusi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 1 Diagram ER Sistem <i>Backend</i> Audio Masjid...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 2 Ilustrasi Grafik Tren SPL per Zona...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3 Diagram Alur Permintaan API (Deskripsi)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4 Alur Data SPL melalui MQTT dan Data Logger...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 5 Grafik Batang Waktu Respons Rata-Rata <i>Endpoint</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 6 Cuplikan Log <i>Backend</i> (Deskripsi) ...	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ringkasan Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2. 2 Rangkuman Gap Penelitian dan Novelty	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 1 Kebutuhan Perangkat Keras.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 2 Kebutuhan Perangkat Lunak	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 3 Daftar <i>Endpoint</i> API Berdasarkan Fungsi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 4 Spesifikasi Parameter Input/Output <i>Endpoint</i> Utama	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 5 Matriks RBAC	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 6 Definisi Peran Pengguna dan Hak Akses.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 7 Mekanisme Autentikasi dan Otorisasi ..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 8 Asumsi dan Batasan Sistem	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 9 Deskripsi Relasi Antar-Entitas.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 10 Kunci Utama (PK)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 11 Kunci Asing (FK).....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 12 Daftar Dependencies dan Fungsinya...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 13 Entitas-entitas utama	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 14 Ringkasan Implementasi per Sub-Tahap	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 15 Checklist Implementasi.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 16 Contoh Matriks Pengujian Fungsional <i>Endpoint</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 17 Jadwal Penelitian Skripsi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 1 Spesifikasi Perangkat Keras Uji.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Perangkat Lunak dan Library Utama	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3 Ringkasan Skema Basis Data.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 4 Contoh Rekaman Data sensor_readings	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 5 Daftar <i>Endpoint</i> Inti <i>Backend</i> API.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 6 Ringkasan Pengujian Fungsional <i>Endpoint</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 7 Hasil Uji Waktu <i>Respons Endpoint</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian <i>Throughput</i> dan <i>Success Rate</i> ...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 9 Ringkasan Hasil Pengujian <i>Sustained Load</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Latensi Komunikasi MQTT <i>End-to-End</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 11 Topik MQTT yang Digunakan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 12 Hasil Uji Penerimaan Data SPL.....	Error! Bookmark not defined.

Tabel 4. 13 Kesesuaian Hasil dengan Tujuan Penelitian **Error! Bookmark not defined.**