



REAL TIME SYSTEM AND INTERNET OF THINGS FINAL PROJECT REPORT

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING

UNIVERSITAS INDONESIA

Crowd Estimation System

GROUP 26

Muhammad Rifat Faqih 2306250762

Jessie Ternadi 2306162002

Adi Nugroho 2306208546

Gede Rama Pradnya 2306161914

PREFACE

Laporan ini disusun sebagai proyek akhir praktikum IoT yang berfokus pada perancangan dan implementasi IoT Crowd Estimation System yaitu sistem penghitung jumlah orang di dalam ruangan yang bekerja secara otomatis. Sistem ini dirancang untuk memantau jumlah orang dan tingkat kepadatan ruangan dengan menggabungkan dua pendekatan, yaitu penghitungan orang menggunakan sensor inframerah (IR) dan estimasi kepadatan menggunakan kamera dengan model YOLO.

Latar belakang utama dari proyek ini adalah meningkatnya kebutuhan pemantauan okupansi ruangan secara real-time pada berbagai lingkungan, seperti ruang kelas, ruang rapat, perkantoran, hingga fasilitas umum. Penghitungan manual tidak efisien dan rawan kesalahan. Sistem berbasis kamera murni kadang terkendala biaya, privasi, atau kompleksitas. Oleh karena itu, proyek ini mengusulkan solusi hibrida yang menggabungkan kelebihan sensor IR yang sederhana dan murah dengan kemampuan analisis citra

Sistem yang dikembangkan terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu Sensor Node berbasis sensor IR yang menghitung orang masuk atau keluar, Camera Node berbasis ESP32-CAM yang mengambil gambar ruangan, Central Node yang mengumpulkan data dari kedua node melalui jaringan mesh nirkabel, serta Laptop Server yang memproses citra menggunakan AI dan menampilkan hasilnya melalui dashboard website.

Melalui proyek ini, diharapkan mahasiswa dapat memahami proses integrasi antara perangkat keras, firmware mikrokontroler, jaringan mesh dalam satu sistem utuh. Selain itu, prototipe ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan sistem pemantauan ruangan yang lebih cerdas dan aplikatif di masa mendatang.

Depok, December 08, 2025

Group 26

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER 1. 4

INTRODUCTION.. 4

1.1 PROBLEM STATEMENT. 4

1.3 ACCEPTANCE CRITERIA.. 5

1.4 ROLES AND RESPONSIBILITIES. 5

1.5 TIMELINE AND MILESTONES. 5

CHAPTER 2. 7

IMPLEMENTATION.. 7

2.1 HARDWARE DESIGN AND SCHEMATIC.. 7

2.2 SOFTWARE DEVELOPMENT. 7

2.3 HARDWARE AND SOFTWARE INTEGRATION.. 8

CHAPTER 3. 9

TESTING AND EVALUATION.. 9

3.1 TESTING.. 9

3.2 RESULT. 9

3.3 EVALUATION.. 10

CHAPTER 4. 11

CONCLUSION.. 11

CHAPTER 1

INTRODUCTION

1.1 PROBLEM STATEMENT

Pada berbagai lingkungan dalam ruangan seperti ruang kelas, ruang rapat, kantor, dan fasilitas umum, informasi mengenai jumlah orang yang berada di dalam ruangan dan tingkat kepadatan menjadi sangat penting. Informasi ini dapat digunakan untuk keperluan keselamatan (mencegah kelebihan kapasitas), kenyamanan (ventilasi dan kualitas udara), serta pengelolaan ruangan (utilisasi dan penjadwalan).

Saat ini, masih banyak tempat yang berketergantungan pada observasi manual atau perkiraan kasar untuk mengetahui jumlah orang di dalam ruangan. Metode tersebut tidak skalabel, memakan waktu, dan rawan kesalahan manusia. Beberapa sistem pemantauan berbasis kamera memang sudah ada, tetapi membutuhkan biaya lebih tinggi, konfigurasi yang kompleks, atau memiliki keterbatasan tertentu. Di sisi lain, jika hanya satu jenis sensor yang digunakan, sistem berisiko gagal ketika sensor terganggu, tertutup, atau ketika pergerakan orang tidak teratur.

Dibutuhkan sebuah sistem yang sederhana, berbiaya relatif rendah, dan cukup akurat untuk menghitung jumlah orang yang masuk dan keluar ruangan, serta mampu mengestimasi seberapa padat ruangan tersebut. Sistem tersebut idealnya bekerja secara real-time, menggunakan komponen yang mudah diperoleh, dan dapat mengirimkan data secara nirkabel ke server pusat untuk ditampilkan dalam bentuk visual yang mudah dipahami.

Pada proyek ini, permasalahan utama yang ingin diselesaikan adalah :
“Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem IoT yang dapat secara otomatis menghitung jumlah orang dan mengestimasi kepadatan kerumunan di dalam ruangan dengan mengombinasikan sensor IR dan kamera, serta mengirimkan seluruh data secara nirkabel ke laptop server untuk divisualisasikan pada dashboard web?”

1.2 PROPOSED SOLUTION

Untuk menjawab permasalahan tersebut, proyek ini mengusulkan sebuah IoT Crowd Estimation System yang menggabungkan dua pendekatan utama yaitu :

1. Penghitungan Real Count berbasis Sensor IR
Sebuah Sensor Node ditempatkan di pintu masuk ruangan dan menggunakan dua buah sensor IR (E18-D80NK) untuk mendeteksi orang yang masuk dan keluar. Dengan menganalisis urutan sensor yang terpilih, sistem dapat menentukan apakah seseorang sedang masuk atau keluar, lalu memperbarui jumlah orang di dalam ruangan. Nilai jumlah orang ini ditampilkan secara langsung pada LCD 16x2.
2. Estimasi Kepadatan Kerumunan berbasis Kamera
Sebuah Camera Node berbasis ESP32-CAM mengambil gambar ruangan secara periodik. Gambar tersebut dikirim secara nirkabel ke Laptop Server, dimana model YOLO digunakan untuk mengestimasi kepadatan kerumunan dan perkiraan jumlah orang dari citra tersebut. Pendekatan ini memberikan lapisan estimasi tambahan yang dapat menjadi pembanding atau pelengkap data dari sensor IR.
3. Seluruh node terhubung menggunakan jaringan mesh nirkabel, dimana Sensor Node dan Camera Node mengirim data ke Central Node (ESP32 DevKit). Central Node kemudian meneruskan data tersebut ke Laptop Server melalui koneksi Wi-Fi menggunakan HTTP request.

Laptop Server menjalankan backend berbasis Flask dengan library pendukung seperti PyTorch dan OpenCV untuk :

- Menerima data dari Central Node.
- Memproses citra menggunakan model YOLO.
- Mengelola hasil penghitungan sensor.

Server juga menyediakan dashboard web yang dapat diakses melalui local host untuk menampilkan:

- Jumlah orang hasil perhitungan Sensor Node (real count).
- Estimasi kepadatan/jumlah orang hasil pemrosesan kamera.

Dengan kombinasi ini, sistem diharapkan lebih robust dibanding solusi yang hanya mengandalkan satu jenis sensor.

1.3 ACCEPTANCE CRITERIA

Kriteria penerimaan (acceptance criteria) proyek ini ditetapkan sebagai berikut :

1. Sistem mampu menghitung orang yang masuk dan keluar ruangan menggunakan dua sensor IR dan memelihara counter jumlah orang di dalam ruangan.
2. Nilai jumlah orang di dalam ruangan dapat ditampilkan dengan benar pada LCD 16x2 yang terhubung ke Sensor Node.
3. Camera Node (ESP32-CAM) mampu mengambil gambar ruangan secara periodik dan mengirimkannya ke Laptop Server melalui jaringan mesh dan Central Node.
4. Laptop Server mampu menerima gambar dan memprosesnya menggunakan model (YOLO) untuk menghasilkan estimasi kepadatan atau jumlah orang.
5. Sistem menggunakan jaringan mesh nirkabel sehingga Sensor Node dan Camera Node dapat mengirim data ke Central Node tanpa kabel.
6. Tersedia dashboard web pada Laptop Server (misalnya diakses melalui localhost yang menampilkan :
 - Jumlah orang berbasis perhitungan sensor IR.
 - Estimasi kepadatan atau jumlah orang.
7. Sistem dapat beroperasi secara kontinu dalam durasi pengujian tanpa mengalami kegagalan komunikasi atau pemrosesan yang kritis.

1.4 ROLES AND RESPONSIBILITIES

The roles and responsibilities assigned to the group members are as follows:

Roles	Responsibilities	Person
Preparing firmware for esp	Menyiapkan perancangan firmware yang akan digunakan yang berfokus pada 3 node utama	M. Rifat Faqih
Preparing Software Development	Menyiapkan software yang akan digunakan untuk pengujian akhir nantinya	Adi Nugroho
Perform Final Product Assembly and Test	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan pengujian akhir dari proyek yang telah dibuat - Melakukan perakitan proyek 	Jesie Ternadi
Generate a report for results and Final Product Testing	Menyelesaikan dan membuat laporan hasil dari uji coba proyek akhir	Gede Rama Pradnya

Table 1. Roles and Responsibilities

1.5 TIMELINE AND MILESTONES

Task Periodic	1 Dec 2025	2 Dec 2025	3 Dec 2025	4 Dec 2025	5 Dec 2025	6 Dec 2025	7 Dec 2025	8 Dec 2025
Hardware Design Completion								
Software Development								
Integration & Testing								
Final Assembly & Testing								

CHAPTER 2

IMPLEMENTATION

2.1 HARDWARE DESIGN AND SCHEMATIC

Perancangan hardware pada proyek ini berfokus pada pembangunan tiga node utama dan sistem catu daya yang stabil, yaitu :

- Sensor Node
- Mikrokontroler: 1× ESP32 DevKit
- Sensor: 2× sensor IR E18-D80NK (untuk mendeteksi arah masuk dan keluar)
- Display: 1× LCD 16×2 dengan modul I2C

Fungsi : Mendeteksi pergerakan orang melalui pintu menggunakan dua sensor IR, menentukan apakah orang masuk atau keluar, memperbarui counter jumlah orang di dalam ruangan, dan menampilkan nilai tersebut pada LCD.

Camera Node

- Mikrokontroler: 1× ESP32-CAM
- Fungsi: Mengambil gambar ruangan secara berkala dan mengirimkannya melalui jaringan mesh ke Central Node.

Central Node

- Mikrokontroler: 1× ESP32 DevKit
- Fungsi: Bertindak sebagai penerima utama (sink) dalam jaringan mesh, mengumpulkan data dari Sensor Node dan Camera Node, kemudian meneruskan data tersebut ke Laptop Server melalui Wi-Fi.

Power Supply

- Sumber daya yang digunakan adalah adaptor 5V 10A.

- Jalur V+ power supply dihubungkan ke pin 5V seluruh board ESP32, sedangkan jalur V- dihubungkan ke semua pin GND.
- Kabel dengan ukuran lebih tebal digunakan pada jalur utama untuk menjaga kestabilan tegangan dan mengurangi penurunan tegangan.

2.2 SOFTWARE DEVELOPMENT

Pengembangan perangkat lunak pada proyek ini dibagi menjadi dua bagian besar : firmware untuk node ESP32 dan perangkat lunak server di Laptop.

- Firmware Sensor Node (sensor_node.ino)
 - Menginisialisasi dua sensor IR dan LCD.
 - Membaca status kedua sensor IR untuk mendeteksi urutan pemicuan (IN atau OUT).
 - Memperbarui nilai counter jumlah orang di dalam ruangan.
 - Menampilkan nilai counter pada LCD 16×2.
 - Mengirim data jumlah orang ke Central Node melalui jaringan mesh.
- Firmware Camera Node (camera_node.ino)
 - Menginisialisasi modul kamera pada ESP32-CAM.
 - Mengambil gambar ruangan secara periodik (misalnya setiap beberapa detik).
 - Mengkode gambar (misalnya format JPEG).
 - Mengirim gambar tersebut ke Central Node melalui mesh network.
- Firmware Central Node (central_node.ino)
 - Menginisialisasi dan mengelola komunikasi mesh antar node.
 - Menerima data numerik dari Sensor Node dan data citra dari Camera Node.
 - Meneruskan data ke Laptop Server menggunakan HTTP POST ke URL yang telah ditentukan, contohnya:
`String server_url = "http://192.168.1.10:5000/upload";`
 - Alamat IP server disesuaikan dengan IP Laptop yang menjalankan Flask.
- Backend di Laptop Server (app.py)
 - Dibangun menggunakan Python dengan framework Flask.
 - Menggunakan pustaka flask, torch, torchvision, opencv-python, dan pustaka pendukung lain.

- Menyediakan endpoint seperti /upload untuk menerima data dari Central Node.
 - Menyimpan atau men-buffer citra yang diterima.
 - Memuat model YOLO menggunakan PyTorch dan memproses citra untuk menghasilkan peta kepadatan (density map) serta estimasi jumlah orang.
 - Menyimpan hasil perhitungan sensor IR dan untuk ditampilkan di dashboard.
- Dashboard / Frontend
 - Diimplementasikan sebagai bagian dari aplikasi Flask dan dapat diakses via browser (misalnya <http://localhost:5000>).
 - Menampilkan:
 - Jumlah orang real-time berdasarkan Sensor Node (IR).
 - Estimasi kepadatan/jumlah orang.
 - Dapat dilengkapi dengan grafik sederhana atau riwayat data untuk memudahkan pemantauan.

2.3 HARDWARE AND SOFTWARE INTEGRATION

Setelah hardware dan software diuji secara terpisah, langkah berikutnya adalah mengintegrasikan seluruh komponen menjadi satu sistem utuh :

1. Memasang semua board ESP32 (Sensor Node, Camera Node, Central Node) pada posisi yang telah ditentukan (area pintu masuk dan dalam ruangan).
2. Menghubungkan sensor IR dan LCD ke Sensor Node sesuai dengan skematik.
3. Memberikan catu daya ke seluruh node menggunakan power supply 5V 10A dan memastikan setiap node menyala dengan benar.
4. Melakukan flashing firmware yang sesuai ke setiap board: sensor_node.ino untuk Sensor Node, camera_node.ino untuk Camera Node, dan central_node.ino untuk Central Node.
5. Mengonfigurasi Laptop Server, menginstal dependensi Python, dan menjalankan aplikasi Flask (`python app.py`)
6. Memastikan Central Node dikonfigurasi dengan IP server yang benar serta seluruh perangkat terhubung ke jaringan Wi-Fi yang sama (atau hotspot yang sama).

7. Mengamati indikator LED pada node untuk memastikan jaringan mesh terbentuk dengan baik.
8. Melakukan pengujian awal dengan berjalan melewati pintu dan mengecek:
 - Apakah Sensor Node memperbarui dan menampilkan jumlah orang dengan benar.
 - Apakah Central Node meneruskan data ke server.
 - Apakah Camera Node mengirim gambar yang dapat diproses server.
9. Memverifikasi bahwa dashboard menampilkan data perhitungan sensor IR secara real-time.

CHAPTER 3

TESTING AND EVALUATION

3.1 TESTING

Pengujian dilakukan untuk memastikan setiap bagian sistem berfungsi sesuai rancangan dan bahwa sistem terintegrasi memenuhi acceptance criteria. Prosedur pengujian utama meliputi :

Pengujian Sensor Node

- Melakukan percobaan dengan berjalan melewati pintu beberapa kali.
- Mencatat jumlah orang yang benar-benar masuk/keluar dan membandingkannya dengan nilai yang ditampilkan di LCD.
- Menguji dengan kecepatan berjalan yang berbeda (pelan dan agak cepat) serta perbedaan pola pergerakan.

Pengujian Camera Node

- Mengambil gambar ruangan pada beberapa kondisi berbeda: kosong, sedikit orang, menengah, dan cukup ramai.
- Untuk tiap kondisi, mencatat jumlah orang sebenarnya dan membandingkannya dengan estimasi yang dihasilkan model YOLO.

Pengujian Jaringan Mesh dan Komunikasi

- Memastikan bahwa data dari Sensor Node dan Camera Node dapat diterima Central Node dan Laptop Server secara stabil.
- Menguji berbagai jarak dan posisi node untuk melihat pengaruhnya pada kualitas komunikasi.

Pengujian Sistem Terintegrasi

- Menjalankan semua node dan server secara bersamaan.
- Mengamati apakah nilai yang tampil di dashboard (real count) bergerak secara konsisten mengikuti kondisi nyata di ruangan.

3.2 RESULT

Pengujian sistem dilakukan dengan berhasil diimplementasikan dengan baik pada bagian Sensor Node, Central Node, jaringan mesh, serta aliran data menuju Laptop Server dan dashboard.

Dari pengujian Sensor Node, sistem mampu membaca dua sensor IR dan membedakan pergerakan orang masuk dan keluar ruangan berdasarkan sensor. Nilai counter jumlah orang yang berada di dalam ruangan dapat diperbarui secara real-time dan ditampilkan pada LCD 16×2 . Dalam skenario pengujian nilai yang ditampilkan LCD konsisten dengan jumlah orang yang benar-benar melewati pintu.

Central Node berhasil menerima data jumlah orang dari Sensor Node melalui jaringan mesh dan meneruskan data tersebut ke Laptop Server menggunakan protokol HTTP. Data yang diterima server dapat ditampilkan pada dashboard web, sehingga informasi jumlah orang di dalam ruangan dapat dipantau melalui interfaces web. Hal ini menunjukkan bahwa jalur komunikasi dari Sensor Node & Camera Node → Central Node → Server → Dashboard telah berfungsi sesuai rancangan.

Pada bagian Camera Node terdapat kendala berupa modul ESP32-CAM mengalami masalah pada hardware. Modul hardware tidak dapat berfungsi secara konsisten sehingga proses pengambilan gambar tidak dapat berjalan stabil. Akibatnya, pengujian penuh terdapat inkonsistensi hasil yang dilakukan.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa:

- Fungsi perhitungan jumlah orang berbasis sensor IR dan tampilan LCD berjalan dengan baik.
- Komunikasi nirkabel melalui mesh network dan pengiriman data ke server serta dashboard bekerja sesuai harapan.
- Fitur kamera dan crowd estimation belum dapat berjalan konsisten karena kendala hardware pada modul ESP32-CAM.

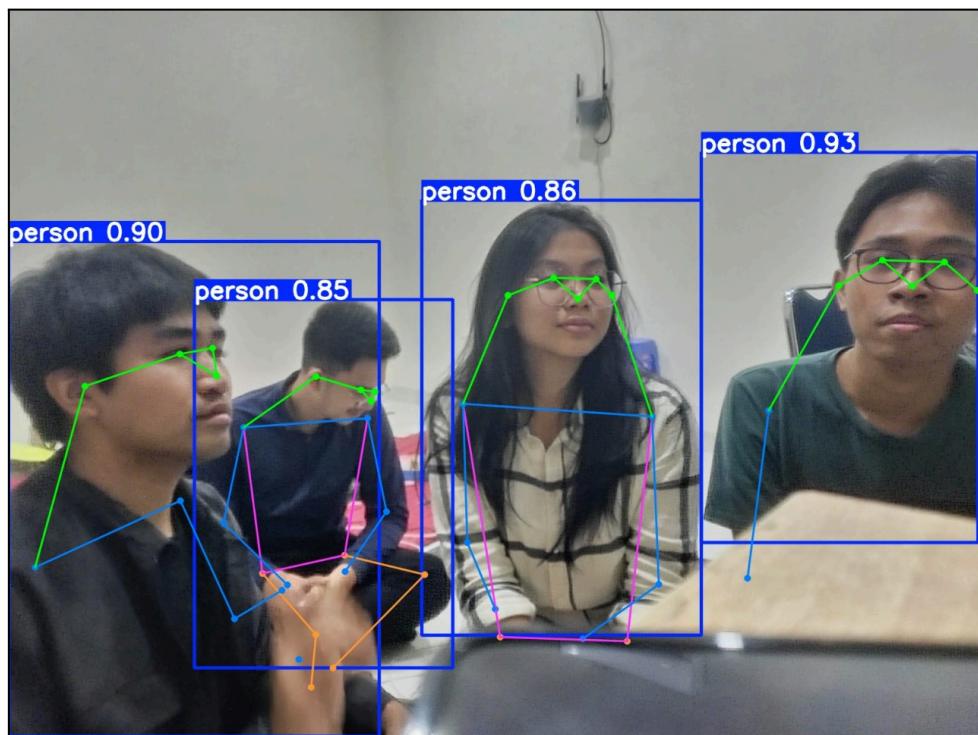


Fig 2. Testing Result

3.3 EVALUATION

Berdasarkan hasil pengujian, dapat dilakukan beberapa evaluasi sebagai berikut:

- 1. Kinerja Sensor Node**

Sensor Node menunjukkan sesuai cara kerja yang diinginkan, yaitu ketika orang melewati pintu satu per satu. Sistem mampu membedakan pergerakan masuk dan keluar serta menjaga jumlah orang dengan konsisten. Meskipun demikian, potensi kesalahan masih dapat terjadi ketika beberapa orang lewat secara berdekatan atau bergerombol, sehingga pada pengembangan berikutnya dibutuhkan algoritma filtering tambahan atau penyesuaian posisi sensor.

- 2. Komunikasi Mesh dan Central Node**

Jaringan mesh yang digunakan berhasil menghubungkan Sensor Node dengan Central Node tanpa kabel. Data jumlah orang dapat diteruskan ke server melalui Central Node dengan keandalan yang cukup baik dalam kondisi pengujian di dalam ruangan. Ini menunjukkan bahwa konsep pemisahan peran node (sensor, kamera, central) dan penggunaan mesh network sudah tepat, dan dapat dikembangkan lebih lanjut jika jumlah node diperbanyak.

- 3. Kendala Hardware pada ESP32-CAM**

Kendala terbesar yang ditemukan pada proyek ini adalah modul ESP32-CAM yang bermasalah secara hardware. Meskipun secara konsep Camera Node sudah dirancang untuk mengambil gambar dan mengirim citra ke server, modul tidak dapat beroperasi normal sehingga proses ini tidak dapat diuji secara penuh. Beberapa pengecekan dasar seperti wiring, konfigurasi pin, dan proses flashing firmware telah dilakukan, namun modul tetap tidak stabil/ tidak dapat merekam gambar dengan benar. Kondisi ini menjadi keterbatasan utama proyek hanya dapat direalisasikan pada level rancangan dan sisi server, bukan pada integrasi end-to-end dengan kamera.

4. Dampak terhadap Tujuan Proyek

Dari sisi tujuan, proyek telah berhasil menunjukkan bahwa:

- Sistem IoT berbasis sensor IR dapat menghitung jumlah orang dan mengirimkan data ke server.
- Infrastruktur dasar server (Flask) dan dashboard web dapat berfungsi untuk menampilkan data dari node.

5. Rencana Perbaikan dan Pengembangan

Untuk pengembangan lebih lanjut, langkah yang disarankan adalah :

- Mengganti modul ESP32-CAM dengan unit yang dipastikan berfungsi dengan baik atau melakukan perbaikan hardware bila memungkinkan.
- Menguji ulang alur pengambilan gambar dan pengiriman citra ke server setelah modul kamera normal.

CHAPTER 4

CONCLUSION

Pada proyek ini telah berhasil dibangun prototipe IoT Crowd Estimation System yang dapat menghitung jumlah orang di dalam ruangan menggunakan dua sensor IR, menampilkan hasilnya pada LCD, dan mengirimkan data tersebut ke Laptop Server melalui Central Node dan jaringan mesh untuk ditampilkan di dashboard web.

Fungsi utama berbasis sensor IR, komunikasi nirkabel, dan dashboard server berhasil berjalan sesuai rancangan, sehingga alur Sensor Node → Central Node → Server → Dashboard sudah terbukti dapat digunakan untuk pemantauan jumlah orang secara real-time.

Tetapi, fitur estimasi kepadatan kerumunan berbasis kamera (CSRNet) belum dapat direalisasikan sepenuhnya karena terjadi kendala hardware pada modul ESP32-CAM, sehingga Camera Node tidak dapat beroperasi normal.

Meskipun demikian, proyek ini sudah memberikan fondasi sistem IoT crowd monitoring yang baik, dan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengganti atau memperbaiki modul ESP32-CAM.

REFERENCES

- [1]Prasatya, “PyTorch adalah: Pengertian Mendalam & Cara Kerjanya! - CODEPOLITAN,” Codepolitan.com, 2025.
<https://www.codepolitan.com/blog/pytorch-adalah-pengertian-mendalam-cara-kerjanya/> (accessed Dec. 08, 2025).
- [2]“Mengenal Sensor Nirkabel serta Komponen Utamanya,” Cloud Computing Indonesia, 2025.
<https://www.cloudcomputing.id/pengetahuan-dasar/mengenal-sensor-nirkabel> (accessed Dec. 08, 2025).
- [3]Muthiatur Rohmah, “Mengenal Central Node Pada Topologi Star : Cek Pembahasannya!,” Dibimbang.id, Aug. 22, 2024.
<https://dibimbang.id/blog/detail/mengenal-central-node-pada-topologi-star-cek-pembahasannya> (accessed Dec. 08, 2025).
- [4]“ESP32-CAM Video Streaming and Face Recognition with Arduino IDE,” Random Nerd Tutorials, Dec. 10, 2019.
<https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-video-streaming-face-recognition-arduino-ide/>

APPENDICES

Appendix A: Project Schematic

Documentation



