



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN *TOWER* BTS
BERBASIS IOT DAN AI UNTUK PENCEGAHAN PENCURIAN
SECARA *REAL- TIME***

“Alat Keamanan *Tower* BTS Berbasis IoT dan AI”

TUGAS AKHIR

Faisa Nadia Husniah
2203332083
**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI TELEKOMUNIKASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
2025**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Faisa Nadia Husniah

NIM 2203332083

Tanda Tangan :

Tanggal : 24 Juni 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh:

Nama : Faisa Nadia Husniah
NIM : 2203332083
Program Studi : Telekomunikasi
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Keamanan *Tower* BTS Berbasis IoT dan AI untuk Pencegahan Pencurian Secara *Real-Time*
Sub Judul : Alat Keamanan *Tower* BTS Berbasis IoT dan AI

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 1 Juli 2025 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing : Rifqi Fuadi Hasani, S.T., M.T.
NIP: 199208182019031015

()

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 22 Juli 2025

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T.
NIP. 197803312003122002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Diploma Tiga Politeknik.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Rifqi Fuadi Hasani, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini;
2. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
3. Bilqis Candrakanti Putri Tresna selaku partner penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini; dan
4. Sahabat yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 24 Juni 2025

Penulis



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Alat Keamanan *Tower* BTS Berbasis IoT dan AI

ABSTRAK

Seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat akan internet yang cepat dan stabil, keberadaan Base Transceiver Station (BTS) menjadi infrastruktur vital dalam sistem telekomunikasi. Namun, BTS rentan terhadap pencurian dan kerusakan, khususnya pada area sensitif seperti pintu gerbang akses, shelter perangkat penyimpanan komponen penting, dan box panel. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sistem keamanan BTS berbasis Internet of Things (IoT) dan Artificial Intelligence (AI). Sistem terdiri dari pengawasan intrusi fisik menggunakan sensor magnetik pada akses pintu gerbang, pintu shelter, dan pintu box panel, serta sensor radar RCWL-0516 untuk mendeteksi pergerakan di sekitar shelter. Pengawasan visual menggunakan ESP32-CAM dan model AI dari Edge Impulse. Performa sistem bekerja dengan baik, dimana radar mampu mendeteksi pergerakan secara otomatis selama pengujian sebanyak 10 kali. ESP32-CAM dapat mendeteksi pergerakan dengan baik dan membedakan orang maupun objek lain dengan akurasi sebesar 86% dan waktu inferensi 384 ms. Sensor magnetik mampu menunjukkan deteksi optimal pada pergerakan pintu dengan pengujian yang dilakukan sebanyak 10 kali. Hasil pengujian jaringan menunjukkan latency 366,55 ms, packet loss 0%, dan throughput 100%. Sistem ini terbukti efektif dan responsif dalam meningkatkan keamanan infrastruktur BTS secara real-time.

Kata kunci: AI, BTS, Edge Impulse, ESP32-CAM, IoT

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BTS Tower Security System Based on IoT and AI

ABSTRACT

As the demand for fast and stable internet continues to increase, Base Transceiver Stations (BTS) have become a critical part of telecommunication infrastructure. However, BTS units are often targeted for theft and vandalism, especially in vulnerable areas such as gate entrances, equipment shelters, and control panels. This study proposes a security system for BTS infrastructure using Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI) technologies. The system integrates magnetic sensors on gate, shelter, and panel box doors to detect unauthorized access, and an RCWL-0516 radar sensor to detect movement near the shelter area. Visual monitoring is handled by the ESP32-CAM module combined with an AI model from Edge Impulse for object recognition. During testing, the radar sensor successfully detected motion in 10 trials. The ESP32-CAM achieved 86% accuracy in identifying human presence with an inference time of 384 milliseconds. Magnetic sensors consistently detected door openings in all test cases. Additionally, network performance testing yielded excellent results, with a latency of 366.55 ms, 0% packet loss, and 100% throughput. The system proved to be effective and responsive, offering real-time monitoring and increased protection for BTS infrastructure against physical threats.

Kata kunci: AI, BTS, Edge Impulse, ESP32-CAM, IoT

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Luaran	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 ESP32.....	3
2.2 ESP32 CAM.....	3
2.3 RCWL-0516.....	4
2.4 Magnet Sensor	5
2.5 Solenoid <i>Door Lock</i>	5
2.6 Sirine.....	5
2.7 Lampu Sorot.....	6
2.8 Edge Impulse	6
2.9 <i>Object Detection</i>	7
2.10 <i>Firebase</i>	7
BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI.....	8
3.1 Perancangan Alat.....	8
3.1.1 Deskripsi Alat	8
3.1.2 Cara Kerja Alat	9
3.1.3 Spesifikasi Alat	9
3.1.4 Diagram Blok	10
3.1.5 Diagram Alir	11
3.1.6 Rangkaian Skematik	13
3.2 Realisasi Alat.....	14
3.2.1 Pembuatan Sistem Pengawasan Visual	14
3.2.1.1 Pembuatan Model <i>Artificial Intelligent</i> Menggunakan Edge Impulse	15
3.2.1.2 Pemrograman ESP32-CAM	20
3.2.2 Tahapan Pembuatan Sistem Pengawasan Intrusi Fisik.....	27
3.2.2.1 Rangkaian Skematik Sensor Magnetik <i>Door</i>	29
3.2.2.2 Rangkaian Skematik Radar RCWL – 0516.....	30
3.2.2.3 Rangkaian Skematik Aktuator	31
3.2.2.4 Membuat Program ESP32.....	32
3.2.3 Tahapan Pembuatan PCB Rangkaian Subsistem Pengawasan Intrusi Fisik	38
3.2.4 Tahapan Pembuatan Catu Daya.....	38
3.2.5 Pembuatan Maket <i>Tower BTS</i>	40
3.2.6 Pembuatan <i>Casing</i>	41
BAB IV PEMBAHASAN	43



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.1	Pengujian Catu Daya.....	43
4.1.1	Alat-alat Pengujian Nilai Catu Daya	44
4.1.2	<i>Set - Up</i> Pengujian Catu Daya	44
4.1.3	Prosedur Pengujian Nilai Catu Daya	45
4.1.4	Data Hasil Pengujian Nilai Catu Daya	45
4.2	Pengujian Subsistem Pengawasan Visual	46
4.2.1	<i>Set – Up</i> untuk Pengujian Subsistem Pengawasan Visual.....	46
4.2.2	Prosedur Pengujian Subsistem Pengawasan Visual	47
4.2.3	Data Hasil Pengujian Subsistem Pengawasan Visual.....	47
4.3	Pengujian Subsistem Pengawasan Intrusi Fisik	49
4.3.1	Alat dan Bahan Pengujian Pengawasan Intrusi Fisik	49
4.3.2	<i>Set – Up</i> Pengujian Subsistem Pengawasan Intrusi Fisik.....	49
4.3.3	Pengujian Sensor Radar RCWL – 0516	50
4.3.3.1	Prosedur Pengujian Sensor Radar RCWL – 0516	50
4.3.3.2	Data Hasil Pengujian Sensor Radar RCWL – 0516	51
4.3.4	Pengujian Sensor Magnetik <i>Door</i>	52
4.3.4.1	Prosedur Pengujian Sensor Magnetik <i>Door</i>	52
4.3.4.2	Data Hasil Pengujian Sensor Magnetik <i>Door</i>	53
4.3.5	Pengujian Solenoid <i>Door Lock</i>	54
4.3.5.1	Prosedur Pengujian Solenoid <i>Door Lock</i>	54
4.3.5.2	Data Hasil Pengujian Solenoid <i>Door Lock</i>	55
4.4	Pengujian <i>Quality of Service</i> pada ESP32	56
4.4.1	Alat-alat Pengujian QoS pada ESP32.....	56
4.4.2	<i>Set – Up</i> Pengujian QoS pada ESP32	56
4.4.3	Prosedur Pengujian QoS pada ESP32	57
4.4.4	Data Hasil Pengujian QoS pada ESP32.....	57
4.5	Pengujian Nilai RSSI pada ESP32.....	59
4.5.1	Alat-alat Pengujian Nilai RSSI pada ESP32	59
4.5.2	<i>Set – Up</i> Pengujian Nilai RSSI pada ESP32.....	59
4.5.3	Prosedur Pengujian Nilai RSSI pada ESP32	60
4.5.4	Data Hasil Pengujian Nilai RSSI pada ESP32	61
4.6	Analisa Sistem Keamanan <i>Tower BTS</i>	62
BAB V PENUTUP		64
5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA.....		65
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		66
LAMPIRAN		67



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Spesifikasi Perangkat.....	10
Tabel 3.2. Konfigurasi Pin ESP32.....	14
Tabel 3.3. Konfigurasi Pin ESP32.....	28
Tabel 3.4. Konfigurasi Pin Sensor Magnetik.....	29
Tabel 3.5. Konfigurasi Pin Sensor Radar RCWL-0516	30
Tabel 3.6. Konfigurasi Pin Aktuator	31
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Nilai Catu Daya.....	45
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Subsistem Pengawasan Visual	48
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Sensor Radar RCWL – 0516	51
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Sensor Magnetik pada Pintu Pagar	53
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Sensor Magnetik pada Pintu <i>Shelter</i>	53
Tabel 4.6. Pengujian Sensor Magnetik pada Pintu <i>Box Panel</i>	54
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Solenoid <i>Door Lock</i>	55
Tabel 4.8. Data Hasil Pengujian QoS pada ESP32	58
Tabel 4.9. Hasil Pengujian Nilai RSSI pada ESP32	61

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Pin ESP32	3
Gambar 2.2.	Pin ESP32 CAM	4
Gambar 3.1.	Diagram Blok Sistem.....	11
Gambar 3.2.	Diagram Alir Cara Kerja Alat	12
Gambar 3.3.	Rangkaian Skematik Sistem	13
Gambar 3.4.	Tampilan <i>Data Acquisition</i> pada Edge Impulse.....	15
Gambar 3.5.	Tampilan <i>Create Impulse</i> pada Edge Impulse	16
Gambar 3.6.	Tampilan Menu <i>Image</i> pada Edge Impulse	16
Gambar 3.7.	Tampilan Menu <i>Object Detection</i> pada Edge Impulse	17
Gambar 3.8.	Tampilan Menu <i>Deployment</i> pada Edge Impulse	17
Gambar 3.9.	Tampilan Arduino IDE untuk Memanggil <i>Library</i>	18
Gambar 3.10.	Tampilan Setelah <i>Library</i> di <i>Install</i>	19
Gambar 3.11.	Tampilan untuk Memanggil <i>Sketch</i> ESP32 CAM dari <i>Library</i> Edge Impulse	19
Gambar 3.12.	Tampilan <i>Sketch</i> Edge Impulse pada Arduino IDE.....	20
Gambar 3.13.	Skematik Rangkaian ESP32	28
Gambar 3.14.	Rangkaian Skematik ESP32 ke Sensor Magnetik	29
Gambar 3.15.	Rangkaian Skematik ESP32 ke Sensor Radar RCWL-0516	30
Gambar 3.16.	Rangkaian Skematik ESP32 ke Aktuator.....	31
Gambar 3.17.	Hasil PCB Rangkaian Subsistem Pengawasan Intrusi Fisik.....	38
Gambar 3.18.	Rangkaian Skematik Catu Daya	39
Gambar 3.19.	Desain <i>Layout</i> PCB Catu Daya.....	40
Gambar 3.20.	Maket Sistem Keamanan <i>Tower BTS</i>	41
Gambar 3.21.	Sketsa Desain <i>Casing</i>	42
Gambar 4.1.	<i>Set – Up</i> Pengujian Catu Daya.....	44
Gambar 4.2.	<i>Set – Up</i> Pengujian Subsistem Pengawasan Visual	46
Gambar 4.3.	<i>Set – Up</i> Pengujian Subsistem Pengawasan Intrusi Fisik	50
Gambar 4.4.	<i>Set – Up</i> Pengujian QoS pada ESP32	57
Gambar 4.5.	<i>Set – Up</i> Pengujian Nilai RSSI pada ESP32	59

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran – 1 Program ESP32 untuk Pengawasan Intrusi Fisik	67
Lampiran – 2 Program ESP32 CAM untuk Pengawasan Visual.....	72
Lampiran – 3 Tampilan Maket	78
Lampiran – 4 Tampilan <i>Casing</i>	79
Lampiran – 5 Tampilan Catu Daya.....	80





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap akses *internet* yang cepat dan stabil, infrastruktur jaringan seluler di Indonesia terus berkembang pesat. Menurut data Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas), sebanyak 69,21% penduduk Indonesia telah mengakses *internet* pada tahun 2023. Salah satu faktor utama yang mendukung pertumbuhan ini adalah keberadaan *Base Transceiver Station* (BTS), yang berfungsi sebagai penghubung antara perangkat pengguna dan jaringan inti operator. BTS menjadi infrastruktur vital dalam mendukung layanan telekomunikasi, khususnya di era digital yang mengandalkan konektivitas 4G/5G.

Namun, dalam implementasinya di lapangan, kinerja BTS seringkali terganggu oleh tindak pencurian dan kerusakan terhadap komponen penting seperti modul transmisi, kabel tembaga, baterai, dan panel surya. Kasus di Samarinda pada tahun 2023, di mana polisi mengungkap sindikat pencurian modul BTS 4G dengan kerugian mencapai Rp120 miliar, menjadi bukti nyata tingginya risiko ini. Gangguan tersebut tidak hanya merugikan penyedia layanan, tetapi juga menurunkan kualitas jaringan bagi masyarakat. Laporan *Ookla Speedtest Global Index* (2023) mencatat wilayah yang terdampak mengalami penurunan kecepatan unduh hingga 25% dan peningkatan *latency* hingga 55%, yang sebagian besar disebabkan oleh lemahnya sistem keamanan konvensional.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, dibutuhkan sistem keamanan berbasis teknologi *modern* yang bersifat preventif, otomatis, dan *real-time*. Solusi yang diusulkan adalah rancang bangun sistem keamanan *tower* BTS berbasis IoT dan AI dengan memanfaatkan ESP32-CAM untuk deteksi pergerakan orang secara cerdas menggunakan model AI dari Edge Impulse. Sistem ini juga dilengkapi sensor fisik seperti sensor magnetik dan radar, serta terintegrasi dengan *Firebase Realtime Database* dan aplikasi Android, sehingga pengguna dapat memantau kondisi BTS, menerima notifikasi, dan mengendalikan perangkat seperti alarm, lampu sorot, dan kunci otomatis secara jarak jauh. Diharapkan, sistem ini mampu mencegah



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

pencurian secara *real-time*, meningkatkan keamanan infrastruktur telekomunikasi, dan menjaga kestabilan jaringan internet nasional.

1.2 Permasalahan

1. Bagaimana merancang dan merealisasikan sistem keamanan *tower* BTS yang dapat mendeteksi keberadaan orang mencurigakan secara otomatis menggunakan teknologi *Artificial Intelligence* (AI)?
2. Bagaimana cara mengintegrasikan perangkat ESP32-CAM dengan aplikasi Android untuk melakukan pemantauan dan notifikasi secara *real-time*?
3. Bagaimana menguji fungsi, kinerja layanan, dan kinerja sinyal dari sistem keamanan *tower* BTS berbasis IoT dan AI?

1.3 Tujuan

1. Merancang sistem keamanan *tower* BTS berbasis IoT dan AI yang dapat mendeteksi keberadaan orang mencurigakan secara otomatis pada lingkungan BTS.
2. Mengintegrasikan sistem ESP32-CAM dengan aplikasi Android untuk pemantauan secara langsung.
3. Melakukan pengujian fungsi *monitoring* sistem dari jarak jauh melalui aplikasi Android.

1.4 Luaran

1. Prototipe sistem keamanan *tower* BTS berbasis IoT dan AI untuk mendeteksi orang secara otomatis.
2. Laporan tugas akhir dengan judul “Alat Keamanan *Tower* BTS Berbasis IoT dan AI”.
3. Artikel jurnal dan poster.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, sistem keamanan *tower* BTS berbasis IoT dan AI berhasil dirancang, diimplementasikan, serta diuji performanya secara menyeluruh.

1. Sistem berhasil mendeteksi secara otomatis menggunakan sensor magnetik dan radar. Sensor magnetik menunjukkan akurasi 100% dalam mendeteksi status pintu terbuka atau tertutup, sedangkan sensor radar RCWL-0516 mampu mendeteksi keberadaan orang pada jarak 5–7 meter dengan tingkat keberhasilan 90% dari seluruh pengujian. Aktuator seperti solenoid *door lock*, sirine, dan lampu sorot berhasil merespons perintah dalam waktu kurang dari 1 detik dan berfungsi 100% dari seluruh pengujian.
2. Pengawasan visual menggunakan ESP32-CAM dan model AI dari Edge Impulse mampu mendeteksi keberadaan orang secara otomatis dengan tingkat keberhasilan 86% dari 10 kali percobaan dalam kondisi pencahayaan cukup. Proses inferensi berlangsung rata-rata selama 384 ms, dan hasil deteksi dikirim ke *Firebase* setiap 10 detik tanpa kendala.
3. Sistem telah berhasil diintegrasikan dengan *Firebase* dan aplikasi Android, memungkinkan *monitoring* dan kendali dari jarak jauh secara *real-time*. Koneksi jaringan menunjukkan performa sangat baik dengan *latency* rata-rata 366,55 ms, *packet loss* 0%, dan *throughput* 100%.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan akurasi sistem dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan nyata, disarankan untuk melakukan pelatihan ulang model AI dengan dataset yang lebih beragam, termasuk kondisi pencahayaan rendah atau malam hari. Selain itu, penggunaan koneksi *internet* cadangan atau penyimpanan lokal sementara dapat menjadi solusi ketika terjadi gangguan jaringan, agar sistem tetap dapat merekam dan menyimpan data penting secara lokal.



DAFTAR PUSTAKA

- Gultom, M. V., & Putro, I. S. (2025). SISTEM DETEKSI KEBAKARAN BERBASIS IOT DENGAN MIKROKONTROLER ESP32. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(2). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i2.6236>
- Hadi, M., & Setiawan, A. (2024). Implementasi ESP32 CAM dan Kodular Berbasis IoT. *JATI Journal of Information Technology and Computer Science*. <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/jtst/article/download/2197/970Indobot>. (2023). Datasheet ESP32-CAM dengan Modul Kamera IoT Serba Guna. <https://blog.indobot.co.id/datasheet-esp32-cam-dengan-modul-kamera-iotserba-guna/>
- Hymel, S., Banbury, C., Situnayake, D., Elium, A., Ward, C., Kelcey, M., Baaijens, M., Majchrzycki, M., Plunkett, J., Tischler, D., Grande, A., Moreau, L., Maslov, D., Beavis, A., Jongboom, J., & Reddi, V. J. (2022, November 2). *Edge Impulse: an MLOPS platform for tiny machine learning*. arXiv.org. <https://arxiv.org/abs/2212.03332>
- Laban, E. C., Mustika, I. W., & Bejo, A. (2022). Perancangan perangkat untuk sistem deteksi vandalisme pada perangkat telekomunikasi publik menggunakan teknologi Internet of Things. Universitas Gadjah Mada. <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/226316>
- Liang, S., Wu, H., Zhen, L., Hua, Q., Garg, S., Kaddoum, G., Hassan, M. M., & Yu, K. (2022). Edge YOLO: Real-Time intelligent object detection system based on Edge-Cloud cooperation in autonomous vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(12), 25345–25360. <https://doi.org/10.1109/tits.2022.3158253>
- Mehendale, N. (2022). Object Detection using ESP 32 CAM. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4152378>
- Random Nerd Tutorials. (2025, April 9). *Random Nerd Tutorials | Learn ESP32, ESP8266, Arduino, and Raspberry Pi*. Retrieved July 15, 2025, from <https://randomnerdtutorials.com/>
- Speedtest.net. (2024). Global index: Indonesia. <https://www.speedtest.net/global-index/indonesia>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Faisha Nadia Husniah, Lulus dari MAN 2 Kota Bogor. Menempuh Pendidikan Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Telekomunikasi, Politeknik Negeri Jakarta sejak Tahun 2022. Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Telekomunikasi, Politeknik Negeri Jakarta.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran – 1 Program ESP32 untuk Pengawasan Intrusi Fisik

```
#include <WiFi.h>
#include <Firebase_ESP_Client.h>
#include "addons/TokenHelper.h"
#include "addons/RTDBHelper.h"
// WiFi & Firebase Configuration
#define WIFI_SSID "Pekerja"
#define WIFI_PASSWORD "wawashevani26"
#define API_KEY "AIzaSyApLEF509KexOGwTb0Jid9tr2xXtF1VC04"
#define DATABASE_URL "https://t-guard-3452c-default-rtdb.asia-southeast1.firebaseio.com/"
#define USER_EMAIL "muhe@gmail.com"
#define USER_PASSWORD "123456"
// Firebase Objects
FirebaseData fbdo;
FirebaseAuth auth;
FirebaseConfig config;
// Sensor Pins
#define MAGNET_SENSOR_1 15
#define MAGNET_SENSOR_2 18
#define MAGNET_SENSOR_3 19
#define RADAR_SENSOR 27
// Relay Pins
#define RELAY_SOLENOID_PIN 33
#define RELAY_LAMPU_PIN 25
#define RELAY_BUZZER_PIN 26
// Timing Variables
unsigned long lastSendTime = 0;
const unsigned long sendInterval = 3000; // Send data every 3 seconds
unsigned long lastTriggerCheck = 0;
const unsigned long triggerCheckInterval = 1000; // Check trigger every 1 second
// Status Variables
bool lampStatus = false;
bool buzzerStatus = false;
bool solenoidStatus = false;
unsigned long solenoidOpenTime = 0;
const unsigned long solenoidDuration = 5000; // 5 seconds auto-close
// App Trigger Variables
bool appTriggerActive = false;
bool lastAppTriggerState = false;
unsigned long appTriggerTime = 0;
const unsigned long appTriggerTimeout = 30000; // 30 seconds timeout for app trigger
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("T-Guard Security System Starting...");
  // Initialize sensor pins
  pinMode(MAGNET_SENSOR_1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(MAGNET_SENSOR_2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(MAGNET_SENSOR_3, INPUT_PULLUP);
  pinMode(RADAR_SENSOR, INPUT);
  // Initialize relay pins
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
pinMode(RELAY_SOLENOID_PIN, OUTPUT);
pinMode(RELAY_LAMPU_PIN, OUTPUT);
pinMode(RELAY_BUZZER_PIN, OUTPUT);
// Set initial relay states (all OFF)
digitalWrite(RELAY_SOLENOID_PIN, HIGH);
digitalWrite(RELAY_LAMPU_PIN, LOW);
digitalWrite(RELAY_BUZZER_PIN, LOW);
// WiFi Connection
WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
Serial.print("Connecting to WiFi");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("\nWiFi Connected!");
Serial.println("IP Address: " + WiFi.localIP().toString());
// Firebase Configuration
config.api_key = API_KEY;
config.database_url = DATABASE_URL;
auth.user.email = USER_EMAIL;
auth.user.password = USER_PASSWORD;
config.token_status_callback = tokenStatusCallback;
Firebase.begin(&config, &auth);
Firebase.reconnectWiFi(true);
Serial.println("Firebase initialized");
Serial.println("System ready - monitoring sensors and app
triggers");
}
void loop() {
    // Check app trigger more frequently
    if (Firebase.ready() && (millis() - lastTriggerCheck >
triggerCheckInterval)) {
        lastTriggerCheck = millis();
        checkAppTrigger();
    }
    // Main sensor monitoring and data sending
    if (Firebase.ready() && (millis() - lastSendTime > sendInterval))
    {
        lastSendTime = millis();
        // Read sensor values
        int magnet1 = digitalRead(MAGNET_SENSOR_1);
        int magnet2 = digitalRead(MAGNET_SENSOR_2);
        int magnet3 = digitalRead(MAGNET_SENSOR_3);
        int radar = digitalRead(RADAR_SENSOR);
        // Check power breaker status
        bool powerBreakerOn = false;
        if (Firebase.RTDB.getBool(&fbdo, "/controls/power_breaker"))
        {
            powerBreakerOn = fbdo.boolData();
        }
        // Always send magnet sensor data for monitoring
        Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, "/sensors/magnet1", magnet1);
        Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, "/sensors/magnet2", magnet2);
        Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, "/sensors/magnet3", magnet3);
        // Send radar data (0 or 1) based on power breaker status
        if (!powerBreakerOn) {
            // Send actual radar data when power breaker is OFF
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

    Firebase .RTDB.setInt(&fbdo, "/sensors/radar", radar);
    Serial.printf("Radar sensor: %d\n", radar);
  } else {
    // Power breaker ON - send 0 (disabled)
    Firebase .RTDB.setInt(&fbdo, "/sensors/radar", 0);
    Serial.println("Power breaker ON - Radar sensor disabled
(sending 0)");
  }
  // Log magnet sensor status (monitoring only)
  Serial.printf("Magnet Status - M1: %s, M2: %s, M3: %s\n",
    (magnet1 == HIGH) ? "CLOSED" : "OPEN",
    (magnet2 == HIGH) ? "CLOSED" : "OPEN",
    (magnet3 == HIGH) ? "CLOSED" : "OPEN");
  // Reset app trigger if timeout exceeded
  if (appTriggerActive && (millis() - appTriggerTime >
appTriggerTimeout)) {
    appTriggerActive = false;
    Serial.println("App trigger timeout - resetting flag");
  }
  // ONLY trigger_alert controls alarm and lamp
  bool shouldActivateAlarm = false;
  bool shouldActivateLamp = false;
  // Check for app trigger alert (ONLY source for alarm/lamp
activation)
  if (appTriggerActive) {
    shouldActivateAlarm = true;
    shouldActivateLamp = true;
    Serial.println("ALERT: App trigger active - Activating
alarm & lamp");
  }
  // Check manual controls from Firebase (additional manual
override)
  if (Firebase .RTDB.getBool(&fbdo, "/controls/lampu_sorot")) {
    if (fbdo.boolData()) {
      shouldActivateLamp = true;
      Serial.println("Manual lamp control activated");
    }
  }
  if (Firebase .RTDB.getBool(&fbdo, "/controls/sirine")) {
    if (fbdo.boolData()) {
      shouldActivateAlarm = true;
      Serial.println("Manual alarm control activated");
    }
  }
  // Control relays
  digitalWrite(RELAY_BUZZER_PIN, shouldActivateAlarm ? HIGH :
LOW);
  digitalWrite(RELAY_LAMPU_PIN, shouldActivateLamp ? HIGH :
LOW);

  buzzerStatus = shouldActivateAlarm;
  lampStatus = shouldActivateLamp;
  // Handle solenoid lock control
  if (Firebase .RTDB.getBool(&fbdo, "/controls/shelter_locked"))
  {
    bool shelterLocked = fbdo.boolData();
    if (!shelterLocked && !solenoidStatus) {
      // Open solenoid

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

        digitalWrite(RELAY_SOLENOID_PIN, LOW);
        solenoidStatus = true;
        solenoidOpenTime = millis();
        Serial.println("Solenoid lock opened");
    } else if (shelterLocked && solenoidStatus) {
        // Close solenoid
        digitalWrite(RELAY_SOLENOID_PIN, HIGH);
        solenoidStatus = false;
        Serial.println("Solenoid lock closed manually");
    }
}
// Update system status in Firebase
Firebase .RTDB.setBool(&fbdo, "/system/alarm_active",
buzzerStatus);
Firebase .RTDB.setBool(&fbdo, "/system/lamp_active",
lampStatus);
Firebase .RTDB.setBool(&fbdo, "/system/solenoid_open",
solenoidStatus);
Firebase .RTDB.setBool(&fbdo, "/system/power_breaker_on",
powerBreakerOn);
Firebase .RTDB.setBool(&fbdo, "/system/app_trigger_active",
appTriggerActive);
// Status logging
Serial.printf("Status - Alarm: %s, Lamp: %s, Solenoid: %s, App
Trigger: %s, Power Breaker: %s\n",
    buzzerStatus ? "ON" : "OFF",
    lampStatus ? "ON" : "OFF",
    solenoidStatus ? "OPEN" : "CLOSED",
    appTriggerActive ? "ACTIVE" : "INACTIVE",
    powerBreakerOn ? "ON" : "OFF");
}
// Auto-close solenoid after timeout
if (solenoidStatus && (millis() - solenoidOpenTime >
solenoidDuration)) {
    digitalWrite(RELAY_SOLENOID_PIN, HIGH);
    solenoidStatus = false;
    Firebase .RTDB.setBool(&fbdo, "/controls/shelter_locked",
true);
    Serial.println("Solenoid auto-closed after timeout");
}

delay(100);
}
void checkAppTrigger() {
    // Check app trigger from Firebase
    if (Firebase .RTDB.getBool(&fbdo, "/trigger_alert/from_app")) {
        bool currentAppTrigger = fbdo.boolData();

        // Detect rising edge (false to true transition)
        if (currentAppTrigger && !lastAppTriggerState) {
            appTriggerActive = true;
            appTriggerTime = millis();
            Serial.println("App trigger detected - Alert activated
from mobile app!");
        }
        // Update last state for edge detection
        lastAppTriggerState = currentAppTrigger;
    }
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// If trigger is still true, keep it active (reset timeout)
if (currentAppTrigger && appTriggerActive) {
    appTriggerTime = millis(); // Reset timeout while trigger
is active
}
// If trigger goes false, deactivate immediately
if (!currentAppTrigger && appTriggerActive) {
    appTriggerActive = false;
    Serial.println("App trigger deactivated - Alert stopped
from mobile app");
}
}
```





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran – 2 Program ESP32 CAM untuk Pengawasan Visual

```
#include <CAMERA-AI_inferencing.h>
#include "edge-impulse-sdk/dsp/image/image.hpp"
#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>
#include <Firebase_ESP_Client.h>
#include "addons/TokenHelper.h"
#include "addons/RTDBHelper.h"
#include "mbedtls/base64.h"

// Configuration
#define WIFI_SSID "Pekerja"
#define WIFI_PASSWORD "wawashevani26"
#define API_KEY "AIzaSyBRZwwK3adtPtGpRhCIpk9Ssp89u_LRx78"
#define DATABASE_URL "https://t-guard-muhe-default-rtdb.asia-southeast1.firebaseio.com/"
#define USER_EMAIL "muhe@gmail.com"
#define USER_PASSWORD "123456"
// Camera pins (AI Thinker)
#define PWDN_GPIO_NUM 32
#define RESET_GPIO_NUM -1
#define XCLK_GPIO_NUM 0
#define SIOD_GPIO_NUM 26
#define SIOC_GPIO_NUM 27
#define Y9_GPIO_NUM 35
#define Y8_GPIO_NUM 34
#define Y7_GPIO_NUM 39
#define Y6_GPIO_NUM 36
#define Y5_GPIO_NUM 21
#define Y4_GPIO_NUM 19
#define Y3_GPIO_NUM 18
#define Y2_GPIO_NUM 5
#define VSYNC_GPIO_NUM 25
#define HREF_GPIO_NUM 23
#define PCLK_GPIO_NUM 22
#define EI_CAMERA_RAW_FRAME_BUFFER_COLS 320
#define EI_CAMERA_RAW_FRAME_BUFFER_ROWS 240
#define EI_CAMERA_FRAME_BYTE_SIZE 3
// Global Variables
Firebase Data fbdo;
Firebase Auth auth;
Firebase Config config;
uint8_t *snapshot_buf;
bool is_initialised = false;
unsigned long sendDataPrevMillis = 0;
// Camera config
camera_config_t camera_config = {
    .pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM, .pin_reset = RESET_GPIO_NUM, .pin_xclk =
    XCLK_GPIO_NUM,
    .pin_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUM, .pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM,
    .pin_d7 = Y9_GPIO_NUM, .pin_d6 = Y8_GPIO_NUM, .pin_d5 =
    Y7_GPIO_NUM,
    .pin_d4 = Y6_GPIO_NUM, .pin_d3 = Y5_GPIO_NUM, .pin_d2 =
    Y4_GPIO_NUM,
    .pin_d1 = Y3_GPIO_NUM, .pin_d0 = Y2_GPIO_NUM,
    .pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM, .pin_href = HREF_GPIO_NUM, .pin_pclk
    = PCLK_GPIO_NUM,
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
.xclk_freq_hz = 20000000, .ledc_timer = LEDC_TIMER_0,
.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0,
.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG, .frame_size = FRAMESIZE_QVGA,
.jpeg_quality = 12,
.fb_count = 1, .fb_location = CAMERA_FB_IN_PSRAM, .grab_mode =
CAMERA_GRAB_WHEN_EMPTY,
};
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Edge Impulse Camera AI with Firebase ");
  // WiFi Setup
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  Serial.print("Connecting to WiFi");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(1000);
  }
  Serial.println("\nConnected to WiFi: " +
  WiFi.localIP().toString());
  // Firebase Setup
  config.api_key = API_KEY;
  config.database_url = DATABASE_URL;
  auth.user.email = USER_EMAIL;
  auth.user.password = USER_PASSWORD;
  config.token_status_callback = tokenStatusCallback;
  Firebase.begin(&config, &auth);
  Firebase.reconnectWiFi(true);
  Serial.println("Firebase initialized");
  // Camera Setup
  esp_err_t err = esp_camera_init(&camera_config);
  if (err != ESP_OK) {
    Serial.printf("Camera init failed: 0x%x\n", err);
    return;
  }
  sensor_t *s = esp_camera_sensor_get();
  if (s->id.PID == OV3660_PID) {
    s->set_vflip(s, 1);
    s->set_brightness(s, 1);
    s->set_saturation(s, 0);
  }
  is_initialised = true;

  Serial.println("Starting inference in 2 seconds...");
  delay(2000);
}
void loop() {
  delay(5);
  // Allocate buffer
  snapshot_buf = (uint8_t*)malloc(EI_CAMERA_RAW_FRAME_BUFFER_COLS *
EI_CAMERA_RAW_FRAME_BUFFER_ROWS * EI_CAMERA_FRAME_BYTE_SIZE);
  if (!snapshot_buf) {
    ei_printf("Failed to allocate buffer!\n");
    return;
  }
  // Capture image for inference
  if (!is_initialised) {
    free(snapshot_buf);
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

        return;
    }
    camera_fb_t *fb = esp_camera_fb_get();
    if (!fb) {
        ei_printf("Camera capture failed\n");
        free(snapshot_buf);
        return;
    }
    bool converted = fmt2rgb888(fb->buf, fb->len, PIXFORMAT_JPEG,
    snapshot_buf);
    esp_camera_fb_return(fb);
    if (!converted) {
        ei_printf("Conversion failed\n");
        free(snapshot_buf);
        return;
    }
    // Resize if needed
    if (EI_CLASSIFIER_INPUT_WIDTH != EI_CAMERA_RAW_FRAME_BUFFER_COLS
    ||
    EI_CLASSIFIER_INPUT_HEIGHT != EI_CAMERA_RAW_FRAME_BUFFER_ROWS)
    {
        ei::image::processing::crop_and_interpolate_rgb888(
            snapshot_buf, EI_CAMERA_RAW_FRAME_BUFFER_COLS,
            EI_CAMERA_RAW_FRAME_BUFFER_ROWS,
            snapshot_buf, EI_CLASSIFIER_INPUT_WIDTH,
            EI_CLASSIFIER_INPUT_HEIGHT);
    }
    // Run inference
    ei::signal_t signal;
    signal.total_length = EI_CLASSIFIER_INPUT_WIDTH *
    EI_CLASSIFIER_INPUT_HEIGHT;
    signal.get_data = &ei_camera_get_data;
    ei_impulse_result_t result = { 0 };
    EI_IMPULSE_ERROR err = run_classifier(&signal, &result, false);
    if (err != EI_IMPULSE_OK) {
        ei_printf("Classifier failed (%d)\n", err);
        free(snapshot_buf);
        return;
    }
    // Print results
    ei_printf("Predictions (DSP: %d ms., Classification: %d ms.,
    Anomaly: %d ms.): \n",
        result.timing.dsp, result.timing.classification,
        result.timing.anomaly);
    // Count humans
    int humanCount = 0;
    bool humanDetected = false;
    #if EI_CLASSIFIER_OBJECT_DETECTION == 1
    ei_printf("Object detection:\r\n");
    for (uint32_t i = 0; i < result.bounding_boxes_count; i++) {
        ei_impulse_result_bounding_box_t bb =
        result.bounding_boxes[i];
        if (bb.value == 0) continue;
        ei_printf(" %s (%f) [x: %u, y: %u, w: %u, h: %u]\r\n",
            bb.label, bb.value, bb.x, bb.y, bb.width,
            bb.height);
    }

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

        if (bb.value > 0.5 && (strcmp(bb.label, "person") == 0 ||
        strcmp(bb.label, "human") == 0)) {
            humanCount++;
        }
    }
    #else
        ei_printf("Classifications:\r\n");
        for (uint16_t i = 0; i < EI_CLASSIFIER_LABEL_COUNT; i++) {
            ei_printf("  %s: %.5f\r\n",
            ei_classifier_inferencing_categories[i],
            result.classification[i].value);
            if ((strcmp(ei_classifier_inferencing_categories[i], "person")
            == 0 ||
                strcmp(ei_classifier_inferencing_categories[i], "human")
            == 0) &&
                result.classification[i].value > 0.7) {
                humanCount = 1;
            }
        }
    #endif
    humanDetected = humanCount > 0;
    #if EI_CLASSIFIER_HAS_ANOMALY
        ei_printf("Anomaly: %.3f\r\n", result.anomaly);
    #endif
    // Send to Firebase (every 10 seconds)
    if (Firebase.ready() && (millis() - sendDataPrevMillis > 10000 ||
    sendDataPrevMillis == 0)) {
        sendDataPrevMillis = millis();
        // Capture image for Firebase
        camera_fb_t *fb_Firebase = esp_camera_fb_get();
        String imageBase64 = "";
        if (fb_Firebase) {
            // Convert to base64
            size_t base64_len = 0;
            mbedtls_base64_encode(NULL, 0, &base64_len, fb_Firebase -
            >buf, fb_Firebase ->len);
            uint8_t *base64_buf = (uint8_t*)malloc(base64_len + 1);
            if (base64_buf) {
                size_t output_len = 0;
                if (mbedtls_base64_encode(base64_buf, base64_len,
                &output_len, fb_Firebase ->buf, fb_Firebase ->len) == 0) {
                    base64_buf[output_len] = '\0';
                    imageBase64 = String((char*)base64_buf);
                }
                free(base64_buf);
            }
            esp_camera_fb_return(fb_Firebase );
        }
        // Send data to Firebase
        String timestamp = String(millis());
        String basePath = "camera_ai_data/" + timestamp;
        // Basic info
        Firebase.RTDB.setBool(&fbdo, (basePath +
        "/human_detected").c_str(), humanDetected);
        Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, (basePath +
        "/human_count").c_str(), humanCount);
    }

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

        Firebase .RTDB.setString(&fbdo, (basePath +
"/timestamp").c_str(), timestamp);
        // Timing
        Firebase .RTDB.setInt(&fbdo, (basePath +
"/timing/dsp").c_str(), result.timing.dsp);
        Firebase .RTDB.setInt(&fbdo, (basePath +
"/timing/classification").c_str(), result.timing.classification);
        Firebase .RTDB.setInt(&fbdo, (basePath +
"/timing/anomaly").c_str(), result.timing.anomaly);
        // Results based on model type
        #if EI_CLASSIFIER_OBJECT_DETECTION == 1
            Firebase .RTDB.setInt(&fbdo, (basePath +
"/bounding_boxes_count").c_str(), result.bounding_boxes_count);
            for (uint32_t i = 0; i < result.bounding_boxes_count; i++) {
                ei_impulse_result_bounding_box_t bb =
result.bounding_boxes[i];
                if (bb.value == 0) continue;
                String boxPath = basePath + "/bounding_boxes/" +
String(i);
                Firebase .RTDB.setString(&fbdo, (boxPath +
"/label").c_str(), bb.label);
                Firebase .RTDB.setFloat(&fbdo, (boxPath +
"/value").c_str(), bb.value);
                Firebase .RTDB.setInt(&fbdo, (boxPath + "/x").c_str(),
bb.x);
                Firebase .RTDB.setInt(&fbdo, (boxPath + "/y").c_str(),
bb.y);
                Firebase .RTDB.setInt(&fbdo, (boxPath + "/width").c_str(),
bb.width);
                Firebase .RTDB.setInt(&fbdo, (boxPath +
"/height").c_str(), bb.height);
            }
        #else
            for (uint16_t i = 0; i < EI_CLASSIFIER_LABEL_COUNT; i++) {
                String classPath = basePath + "/classification/" +
String(ei_classifier_inferencing_categories[i]);
                Firebase .RTDB.setFloat(&fbdo, classPath.c_str(),
result.classification[i].value);
            }
        #endif
        #if EI_CLASSIFIER_HAS_ANOMALY
            Firebase .RTDB.setFloat(&fbdo, (basePath +
"/anomaly").c_str(), result.anomaly);
        #endif

        // Send image in chunks (if exists)
        if (imageBase64.length() > 0) {
            const int maxChunkSize = 1000000; // 1MB
            int chunks = (imageBase64.length() + maxChunkSize - 1) /
maxChunkSize;

            Firebase .RTDB.setInt(&fbdo, (basePath +
"/image/chunks").c_str(), chunks);

            for (int i = 0; i < chunks; i++) {
                int start = i * maxChunkSize;
                int end = min(start + maxChunkSize,
(int)imageBase64.length());
            }
        }

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
String chunk = imageBase64.substring(start, end);

String chunkPath = basePath + "/image/data_" +
String(i);
    Firebase .RTDB.setString(&fbdo, chunkPath.c_str(),
chunk);
    }
    }
    Serial.printf("Data sent - Human: %s, Count: %d\n",
        humanDetected ? "YES" : "NO", humanCount);
    }
    free(snapshot_buf);
}
static int ei_camera_get_data(size_t offset, size_t length, float
*out_ptr) {
    size_t pixel_ix = offset * 3;
    for (size_t i = 0; i < length; i++) {
        out_ptr[i] = (snapshot_buf[pixel_ix + 2] << 16) +
            (snapshot_buf[pixel_ix + 1] << 8) +
            snapshot_buf[pixel_ix];
        pixel_ix += 3;
    }
    return 0;
}
#if !defined(EI_CLASSIFIER_SENSOR) || EI_CLASSIFIER_SENSOR !=
EI_CLASSIFIER_SENSOR_CAMERA
#error "Invalid model for current sensor"
#endif
```

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan yang objektif
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran – 3 Tampilan Maket



01

Maket



**POLITEKNIK
PROGRAM STUDI TELEKOMUNIKASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO – POLITEKNIK NEGERI
JAKARTA
JAKARTA**

Digambar :

Faisa Nadia Husniah

Diperiksa :

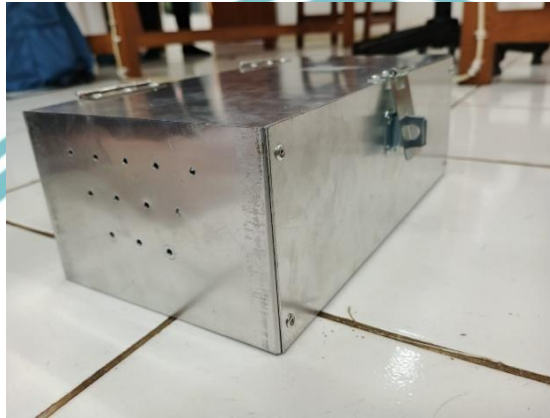
Rifqi Fuadi Hasani, S.T., M.T.

Tanggal :

24 Juni 2025

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan untuk ilmu pengetahuan.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran – 4 Tampilan Casing



02

Casing



PROGRAM STUDI TELEKOMUNIKASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO – POLITEKNIK NEGERI
JAKARTA

Digambar :

Faisa Nadia Husniah

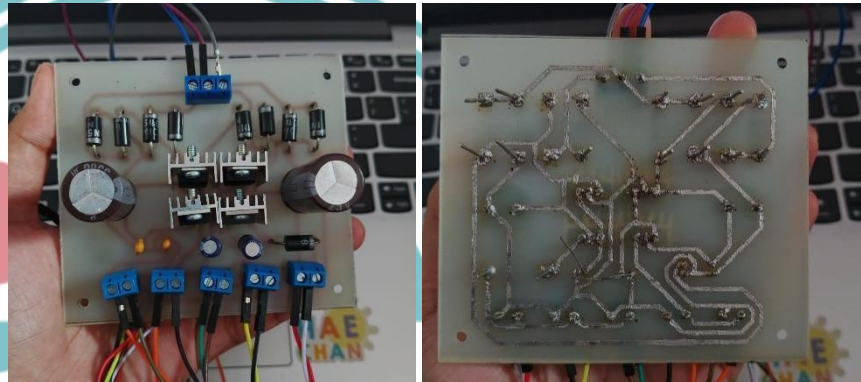
Diperiksa :

Rifqi Fuadi Hasani, S.T., M.T.

Tanggal :

24 Juni 2025

Lampiran – 5 Tampilan Catu Daya



03

Catu Daya



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**
PROGRAM STUDI TELEKOMUNIKASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO – POLITEKNIK NEGERI
JAKARTA

Digambar :

Faisa Nadia Husniah

Diperiksa :

Rifqi Fuadi Hasani, S.T., M.T.

Tanggal :

24 Juni 2025

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta