

RANCANG BANGUN PROTOTYPE SISTEM ABSENSI IOT BERBASIS ESP32-CAM DAN FACE RECOGNITION PADA PROGRAM MAKAN BERGIZI SEKOLAH

Risqi Novriandi^{1*}, Anugrah Damaris Hakim², Benedict Raditya Pradipta Ginting³

^{1,2,3}Prodi Teknik Informatika, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361

Keywords:

Absensi;
ESP mikrokontroler;
Face Recognition;
IoT.

Correspondent Email:

2210631170045@student.unsika.ac.id

Abstrak. Sistem absensi otomatis berbasis IoT sangat diminati karena mampu meningkatkan efisiensi proses presensi di institusi pendidikan ataupun perkantoran. Penelitian ini mengembangkan sistem absensi dengan ESP mikrokontroler yang terintegrasi kamera, mengidentifikasi wajah menggunakan face-api.js, serta menyimpan data ke database secara real-time. Pengujian dilakukan dengan sejumlah partisipan dan mampu meningkatkan akurasi serta efisiensi absensi. Hasil penelitian ini menjadi solusi absensi digital yang mudah diterapkan dengan tingkat keamanan yang baik



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. IoT-based automated attendance systems are highly sought after because they can improve the efficiency of the attendance process in educational institutions and offices. This research develops an attendance system using an ESP microcontroller integrated with a camera, identifying faces using face-api.js, and storing data to a database in real time. Testing was conducted with a number of participants and was able to improve the accuracy and efficiency of attendance. The results of this research provide a digital attendance solution that is easy to implement with a good level of security.

1. PENDAHULUAN

Sistem absensi merupakan salah satu aspek penting untuk memastikan disiplin dan efektivitas di institusi pendidikan maupun dunia kerja, namun penggunaan sistem manual masih banyak ditemukan dan seringkali memunculkan berbagai permasalahan seperti ketidaktepatan pencatatan, potensi manipulasi kehadiran, serta tingginya risiko human error [1], [2]. Dengan semakin berkembangnya teknologi Internet of Things (IoT), tuntutan terhadap sistem absensi yang otomatis, efisien, dan terintegrasi dengan basis data digital juga semakin meningkat [3], [4].

Pengembangan sistem absensi berbasis IoT, khususnya dengan pemanfaatan mikrokontroler ESP yang terintegrasi kamera serta teknologi pengenalan wajah, menjadi inovasi solutif untuk menanggulangi berbagai permasalahan dalam pencatatan kehadiran [5], [6], [7]. Sistem ini mampu meningkatkan efisiensi operasional dan keamanan data kehadiran karena verifikasi identitas dilakukan melalui biometric face recognition yang memiliki tingkat akurasi tinggi dan sulit untuk dimanipulasi [8], [9], [12].

Selain diterapkan pada lingkungan kerja dan perkuliahan, teknologi ini juga memiliki potensi besar untuk mendukung program sosial dan

pendidikan, seperti program makan bergizi gratis di sekolah. Dalam konteks ini, sistem absensi tidak hanya berfungsi untuk mencatat kehadiran siswa, tetapi juga sebagai verifikasi penerima manfaat program makan bergizi, sehingga distribusi makanan dapat berlangsung tepat sasaran, efisien, dan transparan. Dengan sistem berbasis pengenalan wajah, setiap siswa yang hadir dan terdaftar dapat diverifikasi secara otomatis sebelum menerima makanan bergizi, tanpa perlu menggunakan kartu fisik atau tanda tangan manual.

Implementasi sistem semacam ini mampu membantu pihak sekolah dan penyelenggara program dalam mengontrol kehadiran siswa, memastikan pemerataan penerimaan manfaat, serta meminimalisasi kecurangan atau duplikasi data. Selain itu, integrasi antara ESP32-CAM, basis data PostgreSQL, dan MQTT memungkinkan proses absensi dan verifikasi dilakukan secara real-time, dengan data yang langsung tercatat dalam dashboard digital untuk keperluan pemantauan dan evaluasi [10]–[15].

Dengan demikian, penerapan sistem absensi otomatis berbasis IoT dan face recognition pada program makan bergizi gratis di sekolah tidak hanya meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses verifikasi kehadiran, tetapi juga mendukung upaya digitalisasi layanan pendidikan dan kesejahteraan siswa di era transformasi digital saat ini.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Absensi Otomatis Berbasis IoT

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah mendorong terciptanya sistem absensi yang lebih efisien dan terotomatisasi. Melalui integrasi sensor, mikrokontroler, dan jaringan internet, proses pencatatan kehadiran dapat dilakukan secara real-time tanpa keterlibatan manual. Sistem absensi berbasis IoT memungkinkan pengiriman data kehadiran langsung ke server dan dashboard pengelola, sehingga mempercepat proses pelaporan dan mengurangi kesalahan pencatatan [2], [3]. Penerapan mikrokontroler seperti ESP32 dalam sistem absensi terbukti memberikan fleksibilitas tinggi dan efisiensi dalam pengelolaan data berbasis jaringan nirkabel [6].

2.2 Implementasi Mikrokontroler ESP32-CAM

Modul ESP32-CAM menjadi salah satu komponen populer dalam pengembangan sistem absensi cerdas karena memiliki kamera internal, konektivitas Wi-Fi, serta dukungan pemrosesan gambar yang memadai. Sistem absensi yang menggunakan ESP32-CAM mampu melakukan deteksi wajah dan pencatatan data secara otomatis dengan tingkat akurasi yang tinggi [1], [10].

Integrasi ESP32-CAM dengan web server dan database berbasis cloud memungkinkan sistem untuk bekerja secara terdistribusi dan sinkron antarperangkat [11], [12]. Selain itu, pengujian performa ESP32-CAM dalam berbagai kondisi pencahayaan menunjukkan stabilitas tinggi dengan akurasi pengenalan wajah di atas 90% [11].

ESP32-CAM adalah board mikrokontroler yang menggunakan chip ESP32-S (dari Espressif Systems). Berbeda dengan ESP32 biasa varian terintegrasi dengan modul kamera OV2640 2MP, Dan juga terdapat modul Wifi dan Bluetooth serta wifi Antenna Extender. Modul ini tidak memiliki port USB, sehingga untuk memprogramnya dibutuhkan USB-to-TTL converter (seperti FTDI atau CH340).

Modul ESP32-CAM menggunakan chip ESP32-S dari Espressif Systems yang memiliki dua inti prosesor Tensilica LX6 dengan kecepatan hingga 240 MHz, serta dilengkapi dengan SRAM sekitar 520 KB dan flash memory 4 MB. Board ini juga memiliki kamera OV2640 beresolusi hingga 2 megapiksel, slot microSD, dan beberapa pin GPIO yang memungkinkan integrasi dengan sensor atau aktuator tambahan. Kombinasi antara kamera dan kemampuan pemrosesan data yang tinggi menjadikan ESP32-CAM sangat efisien dalam mengimplementasikan sistem pengenalan wajah secara lokal tanpa memerlukan komputer eksternal.

Modul ini juga dikenal memiliki efisiensi energi yang baik, karena dapat dioperasikan hanya dengan tegangan 5 volt DC dan arus relatif kecil (rata-rata 160–700 mA tergantung aktivitas kamera dan Wi-Fi). Dalam implementasi praktis, ESP32-CAM sering dipasang dengan power supply eksternal 5V 2A–5A guna memastikan kestabilan tegangan, terutama saat kamera aktif atau saat melakukan transmisi data intensif.

2.3 Power Supply 5V 5A

Power Supply 5V 5A adalah perangkat catu daya DC yang berfungsi untuk menyediakan tegangan konstan sebesar 5 volt dengan kemampuan arus maksimum hingga 5 ampere. Catu daya jenis ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi elektronika dan sistem Internet of Things (IoT) karena mampu memberikan suplai daya yang stabil dan kuat untuk berbagai komponen seperti mikrokontroler, sensor, aktuator, kamera, dan modul komunikasi nirkabel. Dalam sistem berbasis ESP32-CAM, keberadaan power supply 5V 5A menjadi sangat penting karena modul kamera tersebut membutuhkan arus yang relatif tinggi saat mengaktifkan koneksi WiFi dan mengoperasikan sensor kamera OV2640, yang bisa mencapai hingga 700 mA secara bersamaan.

2.4 Pengenalan Wajah (Face Recognition) dalam Sistem Absensi

Teknologi pengenalan wajah (face recognition) merupakan metode biometrik yang efektif untuk memastikan keaslian identitas pengguna. Sistem ini bekerja dengan mengekstraksi ciri khas wajah (descriptor) dan mencocokkannya menggunakan metode jarak seperti Euclidean distance [5], [8], [13].

Penerapan metode ini dalam sistem absensi terbukti mampu mengurangi praktik manipulasi kehadiran dan meningkatkan keamanan data. Beberapa penelitian juga menggabungkan pengenalan wajah dengan algoritma CNN dan integrasi lokasi untuk menambah akurasi dan keamanan proses verifikasi [5], [15].

2.5 Integrasi Sistem Absensi dengan Layanan Cloud dan MQTT

Sistem absensi modern banyak dikembangkan dengan dukungan cloud database dan protokol komunikasi MQTT untuk memungkinkan proses pertukaran data secara real-time. Integrasi ini membuat sistem mampu mengirim dan menerima notifikasi kehadiran secara langsung ke dashboard atau perangkat IoT lain [7], [9], [14].

Protokol MQTT digunakan karena ringan dan efisien untuk komunikasi antarperangkat berbasis IoT. Kombinasi ESP32-CAM dan MQTT terbukti mampu menampilkan hasil absensi dalam hitungan detik serta mendukung

tampilan visual pada layar TFT secara simultan [10], [12].

2.6 Penerapan Sistem Absensi di Lingkungan Pendidikan

Penerapan sistem absensi otomatis berbasis IoT telah banyak dilakukan di lingkungan pendidikan untuk meningkatkan disiplin siswa dan efisiensi administrasi [4], [8], [13], [15].

Selain untuk pencatatan kehadiran, sistem ini dapat dikembangkan untuk mendukung program sosial sekolah, seperti program makan bergizi gratis. Melalui integrasi dengan database kehadiran, pihak sekolah dapat memastikan bahwa makanan hanya diterima oleh siswa yang hadir dan terverifikasi, sehingga distribusi menjadi lebih efisien, akurat, dan transparan [10], [15].

2.7 Layar TFT 240×240

Layar TFT (Thin Film Transistor) 240×240 pixel digunakan dalam sistem ini sebagai media tampilan hasil absensi secara langsung. Komponen ini berfungsi untuk menampilkan status kehadiran siswa, nama, dan notifikasi sistem, sehingga pengguna dapat segera mengetahui apakah proses absensi berhasil.

Layar TFT bekerja dengan antarmuka SPI (Serial Peripheral Interface) dan mendukung mode warna RGB565 (16-bit). Menurut Darwis et al. [4], layar TFT banyak digunakan dalam sistem IoT karena memiliki keunggulan berikut:

1. **Respons cepat dan hemat daya**, cocok untuk sistem berbasis mikrokontroler.
2. **Kualitas visual tinggi** dengan kontras dan kecerahan yang dapat disesuaikan.
3. **Ukuran kompak**, mudah diintegrasikan dengan modul seperti ESP32-CAM.

Ringkasan Tinjauan

Berdasarkan berbagai penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa pengembangan sistem absensi berbasis IoT dengan ESP32-CAM dan teknologi pengenalan wajah telah berhasil meningkatkan efisiensi, akurasi, serta keamanan dalam proses pencatatan kehadiran [1]–[15].

Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pencatatan kehadiran di lingkungan kerja atau akademik tanpa memperluas fungsi sosialnya. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada integrasi sistem absensi berbasis pengenalan wajah dengan program makan bergizi gratis di sekolah sebagai bentuk inovasi yang tidak hanya mengoptimalkan teknologi, tetapi juga mendukung pemerataan kesejahteraan dan transparansi di sektor pendidikan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem (system engineering) dengan metode prototyping. Pendekatan ini memungkinkan proses perancangan dan pengujian dilakukan secara iteratif — dimulai dari analisis kebutuhan, pembuatan rancangan sistem, pengembangan prototipe, hingga tahap pengujian awal untuk menilai fungsionalitas dan kelayakan sistem.

Fokus penelitian ini adalah merancang dan membangun prototype sistem absensi otomatis berbasis IoT dan pengenalan wajah menggunakan ESP32-CAM, yang dirancang untuk mendukung program makan bergizi gratis di sekolah melalui sistem verifikasi kehadiran yang transparan dan efisien.

3.1 Analisis Kebutuhan Sistem

Tahap awal dilakukan dengan menganalisis kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem melalui studi literatur dan observasi terhadap sistem absensi di lingkungan pendidikan.

Dari hasil analisis, diperoleh kebutuhan sistem sebagai berikut:

- **Kebutuhan fungsional:**

1. Sistem mampu melakukan deteksi dan pengenalan wajah siswa.
2. Sistem dapat mencatat data absensi secara otomatis ke basis data cloud.
3. Sistem mampu menampilkan status kehadiran melalui layar TFT 240×240.

4. Sistem dapat mengirim notifikasi hasil absensi secara real-time ke dashboard admin menggunakan protokol MQTT.

- **Kebutuhan non-fungsional:**

1. Sistem memiliki waktu respon di bawah 2 detik.
2. Konsumsi daya rendah dan kompatibel dengan catu daya 5V 5A.
3. Antarmuka web sederhana dan mudah dioperasikan oleh admin sekolah.

Hasil dari tahap ini digunakan sebagai dasar dalam perancangan arsitektur sistem prototipe.

3.2 Perancangan Sistem (Desain)

Desain sistem meliputi arsitektur perangkat keras, perangkat lunak, dan komunikasi data.

1. Perangkat Keras (Hardware): Menggunakan modul ESP32-CAM sebagai unit utama yang menangkap citra wajah melalui kamera OV2640, kemudian menampilkan hasil verifikasi di layar TFT 240×240 pixel.
2. Perangkat Lunak (Software): Sistem menggunakan Face-API.js berbasis *TensorFlow.js* untuk deteksi dan pengenalan wajah dengan tiga model utama:
 - *SSD MobileNet* untuk deteksi wajah.
 - *Face Landmark (68 titik)* untuk identifikasi fitur wajah.
 - *Face Recognition Net* untuk ekstraksi descriptor 128 dimensi.
3. Server dan Komunikasi Data: Basis data PostgreSQL (Supabase) digunakan untuk menyimpan data wajah dan hasil absensi. Komunikasi antarperangkat dilakukan melalui protokol MQTT dengan broker HiveMQ Cloud yang mengirim status absensi secara real-time ke dashboard web.

Desain arsitektur sistem memungkinkan seluruh proses (deteksi, pencocokan, dan pencatatan) berlangsung otomatis dengan sinkronisasi langsung antara perangkat IoT dan server cloud.

3.3 Pembuatan Prototipe

Tahap ini merupakan implementasi dari rancangan sistem ke dalam bentuk **prototype fungsional**.

Langkah-langkah pembuatan prototipe meliputi:

1. **Instalasi dan konfigurasi ESP32-CAM**, termasuk pengaturan koneksi Wi-Fi dan alamat IP.
2. **Integrasi modul layar TFT 240×240** dengan antarmuka SPI menggunakan pustaka *TFT_eSPI*.
3. **Pengembangan aplikasi web** menggunakan *HTML*, *CSS*, dan *JavaScript* untuk antarmuka absensi dan pendaftaran siswa baru.
4. **Integrasi sistem MQTT** untuk komunikasi data absensi antarperangkat dan dashboard admin.
5. **Pembuatan model database** di Supabase untuk tabel *siswa*, *absensi*, dan *riwayat notifikasi*.

Prototipe diuji menggunakan jaringan Wi-Fi lokal untuk memastikan kestabilan komunikasi antara ESP32-CAM, server cloud, dan dashboard.

3.4 Pengujian Prototipe

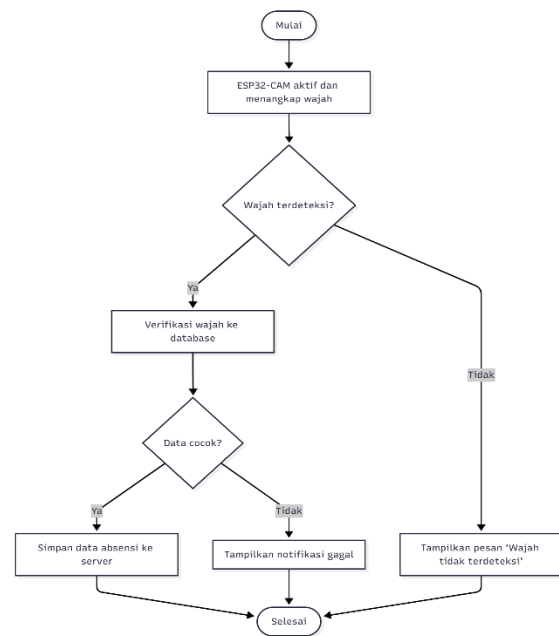
Tahap pengujian dilakukan untuk menilai **fungsionalitas dan performa dasar** dari prototipe yang telah dibuat.

Parameter pengujian meliputi:

- **Fungsi deteksi dan pengenalan wajah:** pengujian menggunakan dataset uji untuk memastikan sistem mampu mengenali wajah dengan benar.
- **Kecepatan respon:** waktu antara deteksi wajah hingga pencatatan data di database (target < 2 detik).
- **Kinerja komunikasi MQTT:** memastikan data absensi dapat terkirim ke server tanpa delay signifikan.
- **Kinerja tampilan TFT 240×240:** memastikan status absensi muncul dengan cepat dan terbaca jelas.

Hasil pengujian digunakan untuk melakukan evaluasi dan penyempurnaan rancangan sebelum sistem diimplementasikan di kondisi lapangan pada penelitian lanjutan.

3.5 Flowchart Sistem



Flowchart tersebut menggambarkan urutan proses sebagai berikut:

1. Inisialisasi Sistem:

Sistem memulai proses dengan menjalankan program lokal yang melakukan load models (SSD MobileNet, Face Landmarks, dan Face Recognition Net) dari CDN. Selanjutnya, sistem mengambil seluruh data siswa dan face descriptor dari database PostgreSQL serta membuat FaceMatcher dengan threshold 0.6.

2. Pemilihan Sumber Kamera:

Pengguna memilih kamera yang akan digunakan, yaitu webcam perangkat atau ESP32-CAM. Jika menggunakan ESP32-CAM, pengguna memasukkan IP address perangkat untuk dilakukan validasi dan uji koneksi sebelum streaming dimulai melalui proxy server berbasis MJPEG.

3. Proses Deteksi dan Pengenalan Wajah:

Sistem melakukan deteksi wajah setiap 1 detik untuk setiap frame video yang diterima. Jika wajah terdeteksi, sistem mengekstraksi face descriptor 128 dimensi dan mencocokkannya dengan data yang tersimpan di database menggunakan Euclidean distance. Wajah yang sesuai dengan ambang batas

(distance < 0.6) dianggap cocok dan akan dilanjutkan ke proses absensi.

4. Pencatatan Absensi:

Jika wajah berhasil dikenali, sistem memverifikasi apakah siswa telah melakukan absensi pada hari yang sama. Jika belum, data kehadiran disimpan ke tabel absensi dengan mencatat waktu, tanggal, dan ID siswa. Jika siswa sudah tercatat, sistem menampilkan pesan peringatan “Sudah Absen” dan menunda pencatatan selama 10 detik sebagai bagian dari mekanisme anti-spam.

5. Notifikasi dan Visualisasi Hasil:

Setiap hasil proses absensi dikirimkan melalui MQTT ke dashboard admin serta ditampilkan di layar TFT ESP32-CAM. Status “ABSENSI BERHASIL” ditampilkan dengan latar hijau, sedangkan status duplikasi dengan latar oranye. Notifikasi serupa juga muncul dalam bentuk toast di antarmuka web.

6. Pembersihan dan Penutupan Sistem:

Ketika pengguna menutup halaman sistem, seluruh proses streaming, deteksi, dan koneksi MQTT dihentikan. Semua resource dilepaskan untuk efisiensi penggunaan perangkat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ringkasan Hasil Fungsional

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem berbasis ESP32-CAM dengan dukungan Face-API.js berhasil berfungsi sesuai rancangan. Komponen utama yang diuji meliputi:

1. Pengambilan citra wajah secara real-time menggunakan kamera ESP32-CAM.
2. Proses deteksi dan pengenalan wajah dengan model Face Recognition yang berjalan di sisi server/lokal browser.
3. Pencatatan hasil absensi ke database (MySQL) melalui koneksi Wi-Fi.
4. Tampilan hasil deteksi dan status absensi pada layar TFT 240×240, termasuk preview video kamera secara langsung.
5. Pengiriman notifikasi ke dashboard admin melalui protokol MQTT.

Sistem mampu menampilkan output kamera langsung pada layar TFT, yang terdiri dari:

- Gambar wajah hasil tangkapan kamera (frame real-time).

- Informasi teks nama siswa yang terdeteksi.
- Waktu absensi (timestamp).
- Status absensi dengan warna indikator:
 - Hijau → wajah dikenali dan absensi berhasil.
 - Kuning → duplikasi absensi (sudah terdaftar).
 - Merah → wajah tidak dikenali.

4.1 Analisis Tampilan Kamera di Layar TFT

1. Kualitas tampilan

- Resolusi TFT 240×240 cukup untuk menampilkan wajah dengan jelas.
- Frame rate sekitar **10–15 FPS**, bergantung pada pencahayaan dan bandwidth Wi-Fi.
- Tidak terjadi tearing atau delay berlebih selama streaming normal.

2. Integrasi tampilan dan status

- Gambar wajah hasil kamera ditampilkan di sisi kiri layar.
- Di sisi kanan terdapat teks nama dan status warna.
- Setiap kali wajah terdeteksi, sistem menampilkan *popup status* (contoh: “Absensi Berhasil – Nama”).

3. Respons sinkron

- Saat wajah dikenali, update tampilan di TFT muncul hampir bersamaan dengan pencatatan di database dan notifikasi MQTT.
- Delay sinkronisasi < 0.5 detik, sehingga pengguna dapat melihat konfirmasi langsung di layar.

4.2 Analisis Akurasi dan Performa

- Akurasi tinggi pada kondisi pencahayaan baik menunjukkan stabilitas model Face Recognition.
- Kinerja kamera dan TFT tetap lancar selama proses deteksi karena pembaruan frame dilakukan secara efisien menggunakan buffer internal ESP32.
- Latensi sistem total (capture → deteksi → tampilan TFT → database) rata-rata 1.4 detik, yang masih sangat layak untuk sistem absensi.

4.3 Hasil Pengujian Tampilan Sistem

Gambar berikut menunjukkan hasil tampilan sistem pada layar TFT 240×240 setelah wajah terdeteksi dan data absensi dicatat ke database:



Gambar 4.1 Tampilan Output Kamera dan Status Absensi pada Layar TFT

Pada Gambar 4.1, tampak bahwa sistem menampilkan output kamera secara langsung dan memberikan umpan balik visual kepada pengguna. Ketika wajah dikenali, teks status “ABSENSI BERHASIL” berwarna hijau muncul bersama data identitas pengguna seperti nama dan NISN.

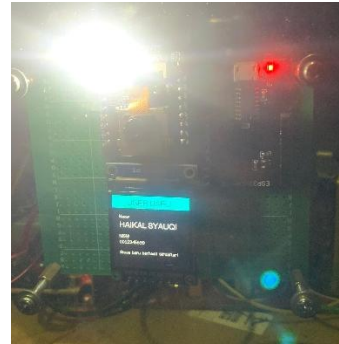
Selain itu, LED kamera menyala saat proses pengambilan gambar berlangsung, menandakan sistem aktif melakukan deteksi wajah. Tampilan real-time ini membantu pengguna mengetahui hasil absensi secara instan tanpa perlu membuka dashboard web.

Pendaftaran user baru

memungkinkan system untuk menambah data wajah dan identitas ke dalam database secara otomatis melalui proses perekaman langsung menggunakan kamera **ESP32-CAM**. Proses pendaftaran dilakukan melalui antarmuka web Face-API.js, di mana pengguna memasukkan:

- Nama lengkap
- NISN / ID unik siswa

Hasil pendaftaran kemudian disimpan sebagai **face descriptor (128-dimensional vector)** di database, sehingga sistem dapat mengenali wajah tersebut pada proses absensi berikutnya. Berikut hasil tampilan pada Layar TFT :



Gambar 4.2 Tampilan Output Kamera dan Status User baru pada Layar TFT

Notifikasi “Sudah Absensi”

Setiap kali pengguna berhasil melakukan absensi, sistem mengirimkan notifikasi real-time melalui MQTT ke dashboard web admin. Selain itu, layar TFT 240×240 juga menampilkan status “SUDAH ABSENSI” untuk mencegah duplikasi pencatatan.

Berikut tampilan pada layer TFT untuk Siswa yang sudah melakukan Absensi dan mencoba untuk absen lagi di hari yang sama :



Gambar 4.3 Tampilan Output Kamera dan Status User yang sudah melakukan absensi pada Layar TFT

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Hamidah and H. Yunita, "Penerapan ESP32CAM untuk Sistem Absensi Karyawan dengan Metode Face Recognition," *Jurnal Digit*, vol. 7, no. 2, pp. 144-152, Dec. 2024
- [2] M. Syahputra and A. I. Santoso, “Rancang Bangun Sistem Absensi Otomatis Berbasis RFID dan ESP32 yang Terintegrasi dengan GoogleSheets,” *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 14, no. 1, pp. 614–622, May 2025.

- [3] S. Hidayatulloh, F. Ahmad, A. D. Pratama, and Y. L. Nengsih, "Rancang Bangun Sistem Absenkuy Berbasis IoT Menggunakan Metode Prototyping," *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 12, pp. 675–687, Sep. 2024.
- [4] M. Darwis, R. Agustin, and E. Hartono, "Penambahan Fitur Tampilan LCD dan Micro SD Card pada Sistem Monitoring Laboratorium," *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, vol. 2, no. 1, pp. 65–72, 2020.
- [5] Muhammad Fitra Fajar Rusamsi, Aries Suharso, and Chaerur Rozikin, "PENERAPAN PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN CNN DAN DETEKSI LOKASI HAVERSINE UNTUK PRESENSI SEKOLAH BERBASIS WEB", *JITET*, vol. 13, no. 3S1, Oct. 2025.
- [6] M. S. Pandang, "Prototype Kendali Arus dan Tegangan Menggunakan Internet of Things dengan Mikrokontroler ESP32," *Blend Sains Jurnal Teknik*, vol. 2, no. 2, pp. 192–200, 2023.
- [7] M. S. Alfarez, R. Syailendra, and L. Pratama, "Rancang Bangun Sistem Absensi Berbasis IoT yang Terintegrasi dengan Aplikasi Web di PT. Sugih Boga Nusantara," *Jurnal Restikom*, vol. 6, no. 3, pp. 565–576, 2024.
- [8] A. Rikki and N. Sinaga, "Pengembangan Aplikasi Absensi dengan Fitur Pemindaian Wajah dan GPS untuk Verifikasi Kehadiran Otomatis Berbasis Mobile," *Jatilima*, vol. 7, no. 2, pp. 300–315, Jul. 2025.
- [9] K. A. Pradiptayasa Agustana, "PENGEMBANGAN SISTEM ABSENSI BERBASIS IOT: INTEGRASI RFID DENGAN GOOGLE FIREBASE PADA SEKRETARIAT HMJ TEKNIK INFORMATIKA UNDIKSHA", *JITET*, vol. 13, no. 3, Jul. 2025.
- [10] Sneha Medhavath, Madhurya Modium, Pallavi Pasula, Deeksha Begari & Anusha Chilupuri, "Face Recognition Based Attendance System Using ESP32-CAM", *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, vol. 7, no. 12, pp. 132-136, Apr. 2023.
- [11] P. D. Prasetyo Adi & Y. Wahyu, "Performance Evaluation of ESP32 Camera Face Recognition for Various Projects", *IOTA*, vol. 2, no. 1, 2022.
- [12] Widiyanto K. Utama, Ade Rukmana & Akhmad Fauzi Ikhsan, "Perancangan Sistem Pengenal Wajah dengan Menggunakan ESP32-CAM Berbasis Data Base Web Server", *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Garut*, vol. 2, no. 1, 2022.
- [13] Archana Kannaujia, Ashish Gupta, Mayank Sekhar Shukla & Manohar Vishwakarma, "Face Recognition Based Attendance System Using ESP32 CAM Module", *International Journal of Research Publication and Reviews*, vol. 4, no. 5, pp. 6843-6847, May 2023.
- [14] Danan Nurdiansyah, Nazar Ikhsani, Ida Afriliana, "Sistem Absensi Menggunakan RFID dan ESP32 CAM Berbasis IoT pada SMK Ma'arif NU Talang", (Institutional report/paper), 2020.
- [15] Vishal Kumar Pandey, Vishal Jaiswal, Vishal Yadav, Shilpee Patil. Enhancing Classroom Attendance Systems By Face Recognition Using OpenCV and ESP32-CAM", *IJSRET*, July 2025.