

Perancangan dan Implementasi Sistem Absensi Cerdas Berbasis Internet of Things Menggunakan QR Code dan Face Recognition

Brian Christan Suroso

Joey Victor Natanael Djaja

Billy Hartono

Calvin Institute of Technology, Indonesia

Abstract: Traditional attendance systems relying on manual records or single-card scanning often face efficiency issues and vulnerability to fraud (spoofing). This research proposes an Internet of Things (IoT)-based smart attendance system with a multi-factor authentication approach integrating Quick Response (QR) Code and Face Recognition technologies. The system utilizes an HC-SR04 ultrasonic sensor as a touchless trigger to initiate the verification process, an ESP8266 as the data-transmitting microcontroller, and the MQTT protocol as a real-time data communication channel. The workflow logic (flow control) and data visualization are managed via Node-RED, while biometric processing is executed using Python scripts with the OpenCV library. Combining QR Code for initial identification and Face Recognition for biometric verification aims to minimize computational load and enhance system security against identity theft. The test results demonstrate that this integration provides accurate attendance data, reduces manual human intervention, and ensures data transparency through a real-time monitoring dashboard.

Keywords: IoT, Smart Attendance, Face Recognition, QR Code, MQTT, Node-RED, ESP8266.

1. Pendahuluan

Sistem absensi merupakan komponen penting dalam pengelolaan kehadiran pada lingkungan pendidikan maupun organisasi. Sistem ini juga sering kali melibatkan tenaga administrasi, pengelolaan dokumen fisik, dan perhitungan kehadiran yang memakan waktu serta biaya operasional. Metode manual juga berpotensi menimbulkan kesalahan pencatatan, keterlambatan proses pengolahan data, serta risiko kehilangan dokumen, sehingga secara tidak langsung menambah beban biaya organisasi dalam jangka panjang. Penelitian terdahulu menyatakan bahwa sistem absensi tradisional memiliki kelemahan yang signifikan terkait efisiensi waktu dan biaya dibandingkan dengan sistem digital otomatis, termasuk pengurangan kesalahan pencatatan dan peningkatan transparansi data. (Saied & Syafii, 2023)

Dalam konteks ini, *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi yang tidak hanya mempercepat proses pencatatan kehadiran tetapi juga mengurangi beban administratif dan biaya operasional yang terkait dengan absensi manual. Adopsi IoT pada sistem absensi memungkinkan otomatisasi proses

data kehadiran secara *real-time*, sehingga mengurangi penggunaan sumber daya manusia untuk tugas manual, mengoptimalkan pemantauan kehadiran, serta meningkatkan efisiensi pengelolaan data – semua ini berkontribusi pada penghematan biaya keseluruhan dalam manajemen kehadiran. Hal ini sejalan dengan penelitian terkini yang menunjukkan bahwa penerapan IoT pada sistem manajemen kehadiran mampu meningkatkan efisiensi operasional melalui otomatisasi pengumpulan data, pengurangan intervensi manual, serta integrasi data secara *real-time* ke sistem pusat, yang secara langsung berdampak pada penurunan biaya operasional jangka panjang (Al-Fuqaha et al., 2019).

Secara konseptual, IoT dipandang sebagai paradigma yang memungkinkan objek fisik berkomunikasi, bertukar data, dan mengambil keputusan secara otomatis melalui jaringan terdistribusi, sehingga sangat sesuai untuk sistem yang membutuhkan pencatatan data *real-time* dan minim intervensi manusia seperti absensi kehadiran (Atzori et al., 2010). Penerapan teknologi ini mungkin bukan lagi sesuatu yang asing bagi masyarakat kini.

Selain itu, sistem absensi berbasis IoT yang akan digabungkan dengan teknologi pengenalan wajah (*face recognition*) menghilangkan kebutuhan interaksi fisik dan meminimalkan potensi kecurangan yang sering terjadi pada metode tradisional, yang pada akhirnya menurunkan biaya tidak langsung terkait kesalahan absensi dan rekonsiliasi data. Penerapan sistem *touchless biometric* telah semakin diperhatikan di era pasca pandemi COVID-19 karena kebutuhan untuk mengurangi kontak fisik dan meningkatkan *hygiene* dalam interaksi digital seperti absensi, otentikasi, dan kontrol akses. (Aslam & Aslam, 2025). Misalnya, sistem yang memanfaatkan QR Code untuk *quick check-in* sekaligus pengenalan wajah untuk verifikasi identitas dapat mencatat kehadiran secara real-time dan mengurangi potensi penyalahgunaan absensi oleh pihak yang tidak berwenang.

Keputusan untuk mengintegrasikan QR Code dengan teknologi pengenalan wajah didasarkan pada kebutuhan untuk mengatasi kelemahan mendasar dari masing-masing metode identifikasi secara tunggal (Senapartha et al., 2024). Meskipun sistem absensi berbasis QR Code menawarkan inisiasi cepat dan efisien, ia rentan terhadap penyalahgunaan token (*spoofing*) karena mudah disalin. Sebaliknya, Face Recognition memberikan jaminan biometrik yang tinggi namun dapat menghabiskan waktu pemrosesan yang signifikan ketika harus membandingkan wajah dengan database yang besar, serta rentan terhadap latency saat volume pengguna tinggi.

Oleh karena itu, penggabungan keduanya menciptakan sistem otentikasi multi-faktor yang sinergis: QR Code berfungsi sebagai token identitas awal yang cepat dan efektif memicu proses (mengurangi beban komputasi Python), sementara *Face Recognition* berfungsi sebagai lapisan verifikasi biometrik nirsentuh yang secara tegas memvalidasi bahwa individu yang memegang kode tersebut adalah pemilik sah, sehingga memastikan akurasi data dan meniadakan potensi kecurangan.

Tujuan dari proyek ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem absensi cerdas tanpa sentuhan (*touchless*) berbasis IoT dengan pendekatan autentikasi *multi-factor* untuk meningkatkan keamanan, akurasi, dan efisiensi pencatatan kehadiran. Proyek ini mengintegrasikan sensor jarak sebagai pemicu sistem untuk mengurangi spam dan kesalahan deteksi, kemudian

juga menyediakan visualisasi data absensi secara real-time melalui dashboard berbasis IoT.

2. Landasan Teori

2.1 Tinjauan Umum Internet of Things

Internet of Things atau yang kerap kali disebut sebagai IoT dapat didefinisikan sebagai interkoneksi perangkat penginderaan (sensor) dan penggerak (actuator) yang memberikan kemampuan untuk memberikan informasi lintas platform melalui kerangka yang terpadu (Hmissi, 2022). Diharapkan ekosistem berbasis data dapat terjadi sehingga interaksi antar perangkat terjadi secara otomatis tanpa campur tangan manusia (Maurya et al., 2024).

Diharapkan perangkat IoT ini dapat digunakan untuk memudahkan kehidupan manusia. Maka dari itu, penulis merasa terdapat suatu urgensi untuk membuat suatu sistem absensi yang mudah untuk direkap, seamless, dan foul-proof.

2.2 Pengenalan Wajah

Face Recognition atau pengenalan wajah menjadi salah satu komponen yang sangat penting. Komponen ini akan memberikan dampak yang besar terutama dalam memastikan orang yang masuk adalah orang yang tepat (*authentication*). Lateef menunjukkan bahwa ternyata dengan menggunakan metode HOG+Dlib memberikan tingkat akurasi yang sangat baik, mencapai 94% (Lateef et al., 2023). HOG atau *History of Oriented Gradients* ditemukan oleh Navneet Dalal yang bekerja dengan melakukan pembagian citra menjadi beberapa bagian kecil dan menghitung nilai histogram gradien untuk setiap wilayah guna mendeteksi tepi dan bentuk objek (Dalal, 2005). Membuatnya sangat cocok untuk melakukan pengenalan wajah.

2.3 Pustaka Dlib

Sistem yang disarankan oleh Lateef, yaitu menggunakan HOG dan DLIB, ternyata bukan alasan memiliki hasil yang baik. Pustaka DLIB atau *Deep Residual Learning for Image Recognition* menggunakan jaringan syaraf tiruan berbasis *ResNet* (*pre-trained*) demi menghasilkan embedding 128 dimensi dari wajah yang terdeteksi (Lateef, 2023; He et al., 2016). Hal ini akan sangat baik untuk membedakan *unauthenticated user* dengan *authenticated user*.

2.4 Node-RED & Flow-Based Programming

Node-RED adalah alat pengembangan berbasis aliran yang memang dirancang secara khusus untuk menghubungkan perangkat keras, API dan layanan online dalam ekosistem IoT. Node-RED sangat cocok untuk digunakan terutama karena arsitekturnya yang ringan dan mudah untuk dihubungkan dengan aliran data asinkron seperti MQTT. Hal ini menjadikan Node-RED sangat ideal untuk digunakan sebagai sistem kendali *real-time* (Blackstock et al., 2014).

2.5 Protokol Komunikasi

MQTT atau *Message Queuing Telemetry Transport* adalah protokol pertukaran pesan yang ringan dan fleksibel. Protokol ini beroperasi pada lapisan transport TCP/IP dan dirancang khusus untuk memenuhi kebutuhan komunikasi *machine-to-machine* membuatnya sangat cocok untuk digunakan dalam arsitektur Internet of Things. (Hmissi et al., 2022).

2.6 Penelitian Terkait

Penelitian terkait dengan sistem absensi berbasis IoT tentu bukanlah sesuatu yang baru. Nguyen telah mencoba berbagai kombinasi dari *face-recognition*, *QR*, *fingerprint*, ataupun *RFID* (Nguyen et al., 2022). Nguyen mengambil kesimpulan bahwa di dalam konteks masyarakat COVID, penggunaan *face-recognition* dan *QR* yang dikombinasikan dengan *thermal sensor* memberikan sistem absensi yang sangat baik. Penulis merasa bahwa sistem tersebut dapat dikembangkan dan disesuaikan dengan konteks zaman sekarang, terutama di dalam konteks menghasilkan sistem dengan harga yang terjangkau. Sehingga penulis berusaha untuk menghubungkan kemampuan dari sensor *ultrasonic* untuk membangunkan sistem absensi berbasis *face-recognition* dan *QR* untuk mendapatkan implementasi yang *smooth* dan *seamless*.

Berbeda dengan penelitian-penelitian tersebut, sistem yang dikembangkan dalam proyek ini mengusulkan pendekatan autentikasi *multi-factor* dengan mengkombinasikan QR Code dan face recognition dalam satu alur absensi berbasis IoT. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan tingkat keamanan sistem, tetapi juga mengoptimalkan beban komputasi dengan menjadikan QR Code sebagai pemicu awal proses pengenalan wajah.

3. Metodologi dan Perancangan Sistem

3.1 Arsitektur Sistem

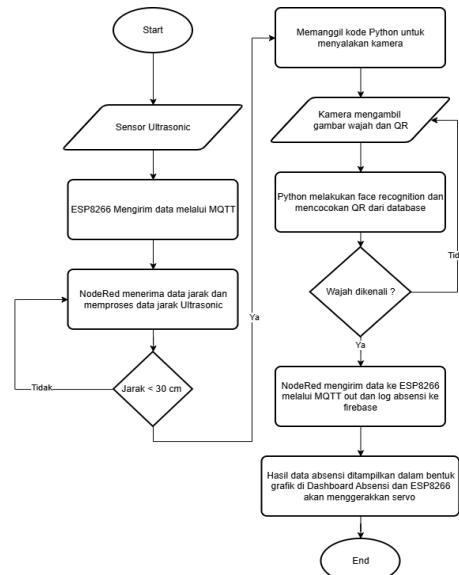


Figure. 1 Diagram Blok

Diagram blok tersebut menunjukkan alur kerja sistem absensi berbasis sensor ultrasonik, kamera dan komunikasi MQTT yang telah terintegrasi dengan Node-RED dan Firebase. Pada saat sistem dijalankan, sensor ultrasonik akan aktif untuk melakukan deteksi keberadaan objek atau pengguna berdasarkan jarak tertentu. Data jarak yang diperoleh tersebut, kemudian akan dikirimkan oleh ESP8266 melalui protokol MQTT untuk diproses lebih lanjut dalam Node-RED.

Ketika Node-RED sudah menerima data jarak dari ESP8266, maka akan dilakukan pengolahan data untuk menentukan apakah jarak yang terdeteksi kurang dari 30 cm. Apabila jarak yang terdeteksi lebih dari 30 cm maka sistem tidak akan melakukan apapun dan Node-RED akan menunggu data baru yang akan dikirimkan dari ESP8266. Sedangkan jika jarak yang terdeteksi kurang dari 30 cm, maka sistem akan melanjutkan ke proses tahap berikutnya yaitu pemanggilan kode Python untuk menjalankan kamera pada laptop.

Setelah kamera aktif, kamera akan mengambil data berupa gambar wajah dan QR yang dimiliki oleh pengguna. Data gambar tersebut kemudian diproses menggunakan program Python untuk melakukan proses pengenalan wajah (*face recognition*) serta pencocokan QR code dengan data yang tersimpan di dalam *database*. Selanjutnya kode

Python akan memberikan hasil apakah kombinasi gambar wajah dan QR dikenali atau tidak.

Apabila kombinasi salah atau salah satu dari kedua data yang didapat tersebut tidak dikenali maka sistem akan tetap berada pada tahap pengambilan gambar oleh kamera. Namun, jika kombinasi wajah dan QR berhasil dikenali, maka Python akan mengirimkan sinyal ke Node-RED dan dari hasil pengenalan tersebut Node-RED akan mengirimkan perintah ke ESP8266 melalui MQTT serta menyimpan data absensi kedalam Firebase.

Data absensi yang telah tersimpan kemudian akan ditampilkan dalam bentuk grafik pada dashboard absensi di Node-RED dan ESP8266 akan membuka pintu (dalam hal ini menggerakkan servo) sebagai indikator bahwa proses absensi telah berhasil dilakukan. Setelah seluruh proses selesai maka sistem akan kembali ke kondisi awal dan siap untuk melakukan proses absensi berikutnya.

Pemilihan arsitektur berbasis Node-RED dan Python didasarkan pada prinsip pemisahan tanggung jawab (*separation of concerns*). Node-RED berfungsi sebagai pengendali alur logika dan komunikasi antar perangkat IoT, sedangkan Python difokuskan pada pemrosesan komputasi berat seperti pengenalan wajah dan pembacaan QR Code. Pendekatan ini memungkinkan sistem menjadi lebih modular, mudah dikembangkan, serta memudahkan proses debugging dan pemeliharaan sistem.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak (Software Design)

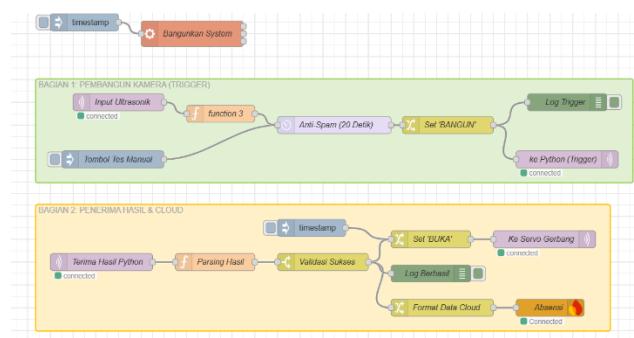


Figure. 2 Diagram Node-RED

Program berikut dirancang sehingga kode python yang dijalankan akan bangun ketika dibutuhkan (sensor ultrasonik menerima input). Dengan demikian, program dapat menghemat penggunaan listrik dan pada saat yang sama membuat respons dalam membangunkan sistem

menjadi lebih cepat. Pada bagian set-up terdapat fungsi *exec* untuk menjalankan program dalam format .bat sehingga masuk ke dalam *environment anaconda* yang tepat.

Bagian satu akan menjadi bagian logika untuk menerima input dan akan membangunkan sistem yang berjalan di latar belakang. Terdapat *anti spam* untuk memastikan bahwa rangkaian ini tidak akan memanggil fungsi kamera menyalah secara berulang-ulang. Proses ini secara harafiahnya bertujuan untuk melakukan *trigger* kepada kode *python*.

Bagian dua akan menjadi bagian dimana ketika wajah sudah diverifikasi mengirimkan output dalam bentuk object. Kemudian output tersebut akan divalidasi apakah termasuk wajah yang benar atau tidak dari output *python*. Bila wajah tersebut terverifikasi, input kepada servo akan diberikan sebagai tanda membuka pintu dan data kemudian akan dicatat ke dalam firebase.

4. Implementasi dan Hasil

4.1 Implementasi Hardware

Pada sisi sensor dan aktuator, sistem ini menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendekripsi keberadaan pengguna dan servo motor sebagai aktuator. Sensor ultrasonik dipilih karena mampu mendekripsi objek secara akurat pada jarak tertentu dan digunakan sebagai pemicu awal sistem, sehingga proses absensi hanya berjalan ketika terdapat pengguna di depan perangkat. Pendekatan ini bertujuan untuk mengurangi pemanggilan kamera secara berulang serta menekan beban komputasi yang tidak perlu. Servo motor digunakan sebagai indikator fisik keberhasilan proses absensi, yaitu ketika autentifikasi berhasil, servo akan bergerak sebagai penanda akses telah diberikan.

ESP8266 digunakan sebagai mikrokontroler utama sekaligus node *Internet of Things* yang bertanggung jawab dalam pengambilan data dari sensor dan pengiriman data tersebut ke sistem pusat. Modul ini dipilih karena memiliki kemampuan komunikasi WiFi terintegrasi, konsumsi daya yang relatif rendah, serta kompatibilitas yang baik dengan protokol komunikasi ringan seperti MQTT. Dalam sistem ini, ESP8266 berperan sebagai pengirim data sensor dan penerima perintah aktuator tanpa melakukan komputasi berat, sehingga fungsinya tetap efisien dan stabil.

4.2 Implementasi Software

Untuk komunikasi data antar komponen sistem, digunakan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). Protokol ini dipilih karena bersifat *lightweight*, mendukung pola *publish-subscribe*, serta cocok untuk komunikasi *real-time* pada lingkungan IoT. Melalui MQTT, data jarak dari sensor dapat dikirim secara cepat ke *logic controller*, dan perintah kontrol dapat dikirim kembali ke ESP8266 dengan latensi yang rendah.

Node-RED digunakan sebagai broker MQTT sekaligus *logic controller* sistem. Node-RED berfungsi mengatur alur kerja sistem, memproses pesan yang diterima dari ESP8266, serta memicu eksekusi modul *face recognition* berbasis Python. Pemilihan Node-RED didasarkan pada kemampuannya dalam menangani alur data secara visual dan modular, sehingga memudahkan pengembangan, debugging, serta pemeliharaan sistem.

4.3 Visualisasi Dashboard

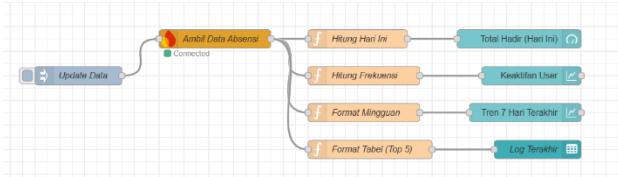


Figure. 3 Diagram Visualisasi

Untuk penyimpanan data, sistem menggunakan Firebase sebagai database berbasis cloud. Firebase dipilih karena mendukung penyimpanan data secara *real-time*, mudah diintegrasikan dengan Node-RED, serta memungkinkan sinkronisasi data absensi secara langsung ke *dashboard* visualisasi. Data yang disimpan meliputi identitas pengguna, waktu kehadiran, dan status verifikasi, sehingga memudahkan proses monitoring dan evaluasi kehadiran. Firebase memberikan hasil dalam bentuk grafik. Update data dapat dilakukan secara otomatis ataupun *inject* manual seperti pada gambar contoh.

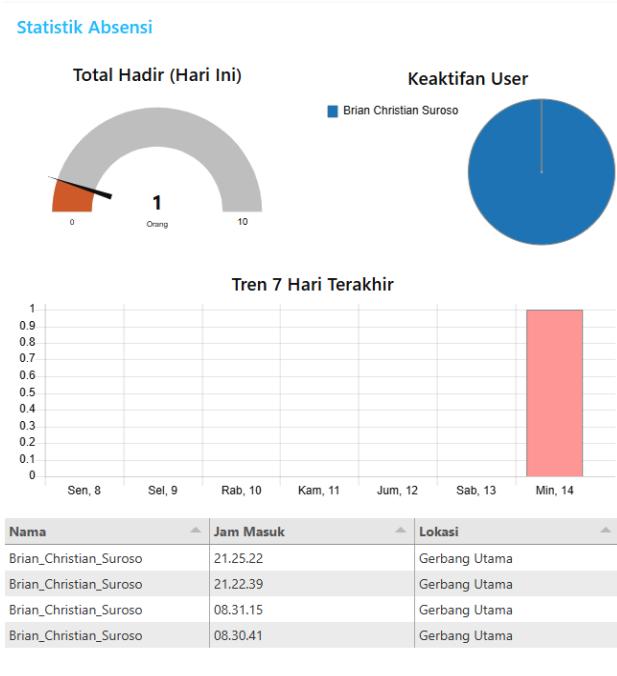


Figure. 4 Laman Dashboard

5. Pengujian dan Analisis

5.1 Skenario Pengujian

5.1.1 Uji jarak sensor (apakah ultrasonik akurat?).



```
#define ECHO_07
#define SERVO_PIN D6

//----- WiFi & MQTT -----
const char*ssid = "CALVIN-Student-3B";
const char*password = "1234567890";
const char* mqtt_server = "192.168.254.106";

MFClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
Servo servotor;

//----- TOPICS -----
#define TOPIC_ULTRA "sensor/ultrasonic"
#define TOPIC_GATE "gate/servo"

//----- GLOBAL -----
long lastSend = 0;
void bukaderberg() {
    Serial.println("[SERVO] Membuka pintu...");
    servotor.write(180);
    delay(3000);
}

//----- SERVO FUNCTION -----
void loop() {
    [REPEATEDLY]
    Serial.print("[ULTRASONIC] Jarak: 6 cm");
    [REPEATEDLY]
}
```

Figure. 5 Pengujian Jarak

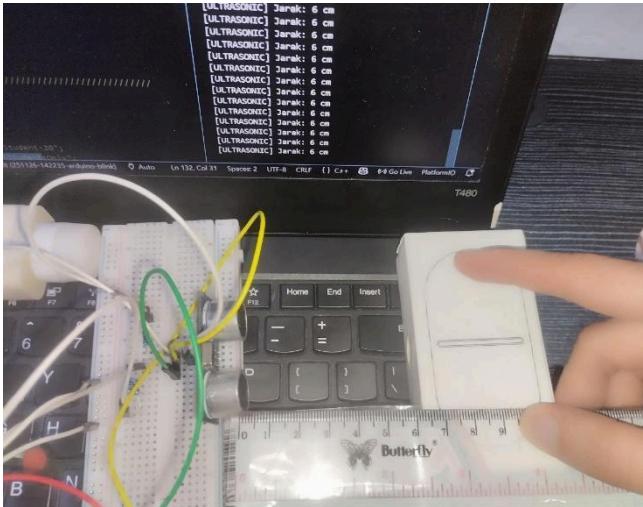


Figure. 6 Pengujian Jarak

Hasil yang ditampilkan dari sensor akurat.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, sensor ultrasonik mampu menampilkan nilai jarak yang hampir sesuai dengan jarak objek sebenarnya, sehingga dengan ini dapat disimpulkan bahwa sensor bekerja dengan baik dan akurat dalam mendeteksi jarak objek.

Sensor ultrasonic HC-SR04 memiliki tingkat kesalahan pengukuran yang relatif kecil pada kondisi tertentu, yang menjadikan sensor ini layak digunakan dalam sistem pendekripsi jarak (Zhmud et al., 2018).

5.1.2 Uji akurasi wajah (berapa kali berhasil dari 10 percobaan?).

Pengujian face recognition dilakukan sebanyak 10 kali terhadap pengguna yang telah terdaftar di

dalam sistem. Pada skenario pengujian ini, setiap pengguna diuji satu kali dengan kombinasi autentifikasi wajah dan QR Code.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada salah satu percobaan, sistem sempat mengalami kesalahan identifikasi awal, di mana wajah pengguna ke-9 terdeteksi sebagai identitas pengguna lain (*false initial detection*). Masih terdapat kebingungan sistem untuk mengenali antara identitas wajah yang asli dengan pengguna lain. Namun, pada proses verifikasi selanjutnya sistem berhasil mengoreksi hasil deteksi tersebut dan mengenali pengguna sesuai dengan identitas yang benar.

Selain itu, meskipun terjadi kesalahan identifikasi sementara pada tahap pengenalan wajah, pengguna tetap tidak memperoleh akses masuk karena QR Code yang digunakan tidak sesuai dengan identitas hasil verifikasi akhir. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme autentifikasi *multi-factor* yang diterapkan mampu mencegah akses tidak sah meskipun terjadi ketidaksempurnaan pada salah satu faktor autentifikasi.

Secara keseluruhan, sistem berhasil melakukan verifikasi identitas pengguna dengan benar pada seluruh skenario pengujian, dengan catatan bahwa performa face recognition masih dapat dipengaruhi oleh faktor pencahaayaan, posisi wajah, dan proses inisialisasi kamera pada tahap awal.

5.1.3 Uji latency (berapa detik dari wajah terdeteksi sampai servo terbuka?).

Berdasarkan hasil pengujian, sistem membutuhkan waktu sekitar 4 detik untuk proses inisialisasi kamera dan sekitar 2 detik untuk proses verifikasi wajah hingga servo terbuka. Dengan demikian, total latency sistem dari wajah terdeteksi hingga aktuator aktif adalah sekitar ± 6 detik.

5.1.4 Uji Komunikasi MQTT

Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi data menggunakan protokol MQTT berjalan dengan baik. Data sensor, hasil pengenalan wajah, dan perintah kendali berhasil dikirim dan diterima oleh sistem secara real-time tanpa terjadinya kehilangan data selama proses pengujian.

5.1.5 Uji Database

Berdasarkan hasil pengujian, data absensi yang dikirim melalui Node-RED berhasil disimpan ke dalam database secara konsisten. Setiap data yang diterima tercatat sesuai dengan identitas pengguna dan waktu absensi, sehingga sistem mampu melakukan pencatatan kehadiran secara otomatis dan terstruktur.

5.2 Analisis Keamanan Sistem

Dari sisi keamanan, penggunaan autentikasi *multi-factor* meningkatkan ketahanan sistem terhadap serangan pemalsuan identitas. QR Code berperan sebagai faktor kepemilikan (*something you have*), sedangkan face recognition berperan sebagai faktor biometrik (*something you are*). Kombinasi ini secara signifikan mengurangi risiko kecurangan dibandingkan sistem absensi dengan satu metode autentifikasi.

Terkait privasi data, sistem ini hanya menyimpan hasil verifikasi dan metadata kehadiran ke dalam database cloud tanpa menyimpan citra wajah mentah secara permanen. Pendekatan ini bertujuan untuk meminimalkan risiko pelanggaran privasi serta mengurangi potensi penyalahgunaan data biometrik.

5.3 Keterbatasan Sistem

Meskipun sistem yang dikembangkan telah berfungsi dengan baik, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Sistem masih bergantung pada perangkat komputasi laptop untuk menjalankan proses pengenalan wajah, sehingga konsumsi daya dan *latency* dapat meningkat ketika beban sistem tinggi. Selain itu, performa *face recognition* masih dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan dan posisi wajah pengguna terhadap kamera. Beberapa studi menyebutkan bahwa performa sistem pengenalan wajah dapat menurun ketika jumlah data wajah meningkat secara signifikan, terutama pada sistem real-time yang berjalan pada perangkat dengan sumber daya terbatas, sehingga diperlukan mekanisme pemicu atau penyaringan awal untuk mengurangi beban komputasi (Kortli et al., 2020).

6. Simpulan

Berdasarkan pengujian pada integrasi sistem, mekanisme komunikasi antara modul Face Recognition berbasis Python dan logic controller

Node-RED melalui protokol MQTT terbukti berhasil beroperasi dengan sangat baik. Arsitektur ini berhasil mengisolasi antara perangkat keras dengan perangkat lunak. Waktu yang diperlukan untuk dari *scan* wajah hingga membuka servo membutuhkan waktu yang cenderung baik.

Mengingat menggunakan alat yang terbatas, penerimaan input dari MQTT dan pada saat yang sama menjalankan algoritma HOG dan DLIB cukup boros komputasi. Hal ini membuat proses pengaktifan kamera terkadang mengalami perlambatan. Namun secara umum, riset ini dapat dinyatakan berhasil terutama dalam mengaplikasikan algoritma HOG dan DLIB sebagai *face recognition* yang berhubungan dengan perangkat keras. Proses dari membuka kamera hingga menjalankan servo dapat dikategorikan cukup lancar dan halus.

Sebagai pengembangan ke depan, sistem ini dapat dioptimalkan dengan memigrasikan proses pengenalan wajah ke perangkat edge computing seperti single-board computer untuk mengurangi latency dan ketergantungan pada laptop. Selain itu, implementasi enkripsi end-to-end pada komunikasi MQTT serta penerapan liveness detection pada face recognition dapat meningkatkan keamanan sistem secara keseluruhan.

References

- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347–2376.
<https://doi.org/10.1109/comst.2015.2444095>
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805.
<https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Bennett, S., Maton, K., & Kervin, L. (2008). The ‘digital natives’ debate: A critical review of the evidence. *British Journal of Educational Technology*, 39(5), 775–786.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00793.x>
- Blackstock, M., & Lea, R. (2014). Toward a Distributed Data Flow Platform for the Web of

- Things (Distributed Node-RED). *Toward a Distributed Data Flow Platform for the Web of Things (Distributed Node-RED)*, 34–39. <https://doi.org/10.1145/2684432.2684439>
- Dalal, N., & Triggs, B. (2005). Histograms of Oriented Gradients for Human Detection. *Histograms of Oriented Gradients for Human Detection*, 1, 886–893. <https://doi.org/10.1109/cvpr.2005.177>
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. *Deep Residual Learning for Image Recognition*, 770–778. <https://doi.org/10.1109/cvpr.2016.90>
- Hmissi, F., & Ouni, S. (2020). A survey on application layer protocols for IoT networks.
- Kortli, Y., Jridi, M., Falou, A. A., & Atri, M. (2020). Face Recognition Systems: a survey. *Sensors*, 20(2), 342. <https://doi.org/10.3390/s20020342>
- Lateef, A. S., & Kamil, M. Y. (2023). Facial Recognition Technology-Based Attendance Management System application in smart Classroom. *Iraqi Journal for Computer Science and Mathematics*, 136–158. <https://doi.org/10.52866/ijcsm.2023.02.03.012>
- Maurya, S. K., Pal, O. P., & Sarvakar, K. (2024). Layered architecture of IoT. In *Advances in computational intelligence and robotics book series* (pp. 164–194). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2373-1.ch009>
- Nguyen, V. D., Van Khoa, H., Kieu, T. N., & Huh, E. (2022). Internet of Things-Based Intelligent Attendance System: Framework, practice implementation, and Application. *Electronics*, 11(19), 3151. <https://doi.org/10.3390/electronics11193151>
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. *On The Horizon the International Journal of Learning Futures*, 9(5), 1–6. <https://doi.org/10.1108/10748120110424816>
- Saied, M., & Syafii, A. (2023). Perancangan dan Implementasi Sistem Absensi Berbasis Teknologi Terkini Untuk Meningkatkan Efisiensi Pengelolaan Kehadiran Karyawan dalam Perusahaan. *Jurnal Teknik Indonesia*, 2(3), 87–92. <https://doi.org/10.58860/jti.v2i3.21>
- Senapartha, I. K. D., & Nendya, M. B. (2024). USABILITY EVALUATION OF MOBILE MULTI-FACTOR AUTHENTICATION BASED ON FACE AUTHENTICATION, GEOLOCATION AND QR CODE. *JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Komputer)*, 10(2), 425–432. <https://doi.org/10.33480/jitk.v10i2.5970>
- Zhmud, V. A., Kondratiev, N. O., Kuznetsov, K. A., Trubin, V. G., & Dimitrov, L. V. (2018). Application of ultrasonic sensor for measuring distances in robotics. *Journal of Physics Conference Series*, 1015, 032189. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1015/3/032189>
- Zuboff, S. (2019). *The age of surveillance capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*. PublicAffairs.