

Sistem Presensi Mahasiswa Menggunakan Fitur Deteksi Wajah Berbasis *Cognitive Internet of Things*

Student Attendance System Using Face Detection Features Based on Cognitive Internet of Things

Dhewi April Liana^{1)*}, Bayu Kristianto²⁾, Aura Amylia. AR³⁾, Anisya Maharani⁴⁾, Ahmad⁵⁾, Ahmad Ilham^{6)*}

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Semarang, Indonesia

*c2c022145@student.unimus.ac.id¹⁾, *ahmadilham@unimus.ac.id⁶⁾

Diterima : 29 September 2023 || Revisi : 5 Oktober 2023 || Disetujui: 6 Desember 2023

Abstrak –Tindak kecurangan presensi sering kali ditemukan adanya kehadiran palsu dari mahasiswa. Untuk mengatasi hal tersebut, kami menerapkan model *feature haar cascade* sebagai dasar dalam membangun sistem presensi wajah berbasis *cognitive internet of things* (CIoT) yang diberi nama Q.Dsent (*QR day students*). Sistem yang diusulkan bekerja dengan merepresentasikan pola intensitas lokal pada citra wajah sehingga akan mengenali mahasiswa walaupun dari berbagai posisi depan. Hasil penelitian ini menunjukkan pengenalan wajah mahasiswa yang presisi mampu mengenali wajah dengan baik dengan tingkat akurasi (AKU) dan nilai prediksi positif (NPP) sebesar 98% dan 98%. Kesimpulan penelitian ini adalah model klasifikasi *feature haar cascade* mampu mendeteksi wajah secara presisi yang artinya dapat mengelola kehadiran mahasiswa secara efisien dan mencegah kecurangan dalam lingkungan kampus.

Kata Kunci: Presensi Mahasiswa, Deteksi Wajah, *Haar-Like Feature Cascade*, CIoT

Abstract – *Attendance fraud is often found in the presence of fake attendance from students. To overcome this problem, we apply the Haar-Like Feature Cascade method as the basis for building a face attendance system based on the Cognitive Internet of Things (CIoT) namely Q.Dsent (QR day students). The proposed application system works by representing local intensity patterns on the face image so that it will recognize students even from various frontal positions. The results of this study show that precision student face recognition is able to recognise faces well with an accuracy rate of 98%. The conclusion of this research is that the Haar-like Feature Cascade method is able to detect faces precisely and can be used as a basis for developing student attendance technology based on the Cognitive Internet of Things.*

Keywords: *Student Attendance, Face Detection, Haar-Like Feature Cascade, CIoT*

PENDAHULUAN

Kehadiran mahasiswa merupakan salah satu faktor penting bagi mahasiswa untuk berhasil dalam suatu mata kuliah. Di beberapa universitas, kehadiran mahasiswa dalam suatu mata kuliah juga digunakan sebagai salah satu syarat untuk mengikuti ujian (Sunaryono et al., 2021). Pendekatan absensi mahasiswa konvensional dilakukan dengan meminta setiap mahasiswa untuk menandatangani daftar hadir yang dibagikan kepada seluruh mahasiswa pada awal perkuliahan. Namun, pendekatan ini tidak efisien dari segi waktu dan berpotensi menimbulkan kecurangan terutama pada kelas yang memiliki siswa dengan jumlah yang banyak, di mana seorang mahasiswa bisa saja menandatangani daftar hadir mahasiswa lain yang tidak hadir di kelas. Untuk menghindari terjadinya kecurangan tersebut, terkadang dosen memanggil satu per satu nama mahasiswa yang telah menandatangani

daftar hadir. Cara ini menyita waktu dan akan berdampak pada efektivitas perkuliahan (Rahmatulloh et al., 2019). Baru-baru ini pendekatan absensi otomatis dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut di antaranya pengenalan biometrik seperti pengenalan sidik jari (Rukhiran et al., 2023); pengenalan wajah (Ambre et al., 2020); pengenalan wajah (Yusof et al., 2018) dan pengenalan pembuluh darah telapak tangan (Hoo & Ibrahim, 2019) untuk mengenali siswa yang hadir dan mencatat kehadiran mereka.

Sistem presensi otomatis juga diusulkan oleh peneliti lainnya ada yang menggunakan *barcode* (Ababaou et al., 2023); kode QR (Mishra et al., 2021); RFID (Rjeib et al., 2018); dan perangkat seluler *near field communication* (NFC) (Chiang et al., 2022) untuk mendapatkan ID siswa untuk proses kehadiran. Meskipun penulis melaporkan bahwa sistem yang diusulkan mudah digunakan dan berbiaya rendah,

sistem yang diusulkan tidak sesuai untuk sistem presensi kursus karena jika ada sejumlah besar kelas dalam waktu yang sama maka sistem membutuhkan sejumlah besar alat perekam sidik jari. Selain itu, jika terdapat banyak mahasiswa dalam jumlah yang besar dalam suatu mata kuliah, maka sistem tersebut akan menyebabkan antrian yang panjang dan memakan waktu.

Penggunaan *barcode* (Ababaou et al., 2023), QR code (Mishra et al., 2021); RFID (Rjeib et al., 2018); dan NFC (Chiang et al., 2022) merupakan alternatif lain untuk mencatat identitas siswa dalam sistem presensi. Proses presensi pada sistem yang diusulkan oleh (Rjeib et al., 2018) sangat sederhana, mahasiswa hanya perlu memindai kartu mahasiswa mereka yang berisi *barcode*, QR code, atau RFID menggunakan sistem untuk mencatat kehadiran. Sedangkan pada sistem presensi berbasis NFC (Chiang et al., 2022), mahasiswa meletakkan ponsel NFC mereka di dekat ponsel NFC milik dosen ketika memasuki ruang kelas. Proses ini dapat menyebabkan antrian yang panjang pada saat proses presensi. Presensi palsu juga dapat terjadi karena kartu mahasiswa yang berisi *barcode*, kode QR, atau RFID dan ponsel NFC dapat dengan mudah dipindah tangankan dari satu mahasiswa ke mahasiswa lainnya. Selain itu, tidak semua *smartphone* dilengkapi dengan sistem NFC. Untuk mengatasi hal tersebut, penggunaan *palm vein* dapat dipertimbangkan untuk mengenali mahasiswa dalam sistem presensi seperti yang diusulkan oleh (Hoo & Ibrahim, 2019). Namun, tidak semua kamera dapat digunakan untuk menangkap citra *palm vein*. Selain itu, akurasi pengenalan vena telapak tangan pada sistem absensi yang diusulkan oleh (Hoo & Ibrahim, 2019) hanya sebesar 78%. Oleh karena itu, dari keadaan sistem absensi otomatis saat ini, dapat ditemukan bahwa pengenalan wajah adalah pendekatan terbaik untuk mengenali siswa dalam sistem absensi.

Saat ini, jumlah *smartphone* android berkembang pesat. Hampir semua siswa memiliki perangkat ini yang dilengkapi dengan kamera. Menurut (Pramana, 2018), 95,24% mahasiswa di Indonesia memiliki *smartphone* sendiri pada tahun 2016. Fenomena ini dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan sistem *cognitive* presensi mahasiswa menggunakan *face recognition*. Dengan menerapkan sistem tersebut, antrian panjang yang terjadi pada proses presensi otomatis sebelumnya dapat dihindari. Namun, perlu

dibuat suatu mekanisme untuk memastikan bahwa setiap mahasiswa benar-benar hadir dalam perkuliahan. Selain itu, akurasi dari pengenalan wajah juga perlu ditingkatkan agar sistem ini dapat diimplementasikan untuk beberapa mata kuliah dengan jumlah mahasiswa yang banyak.

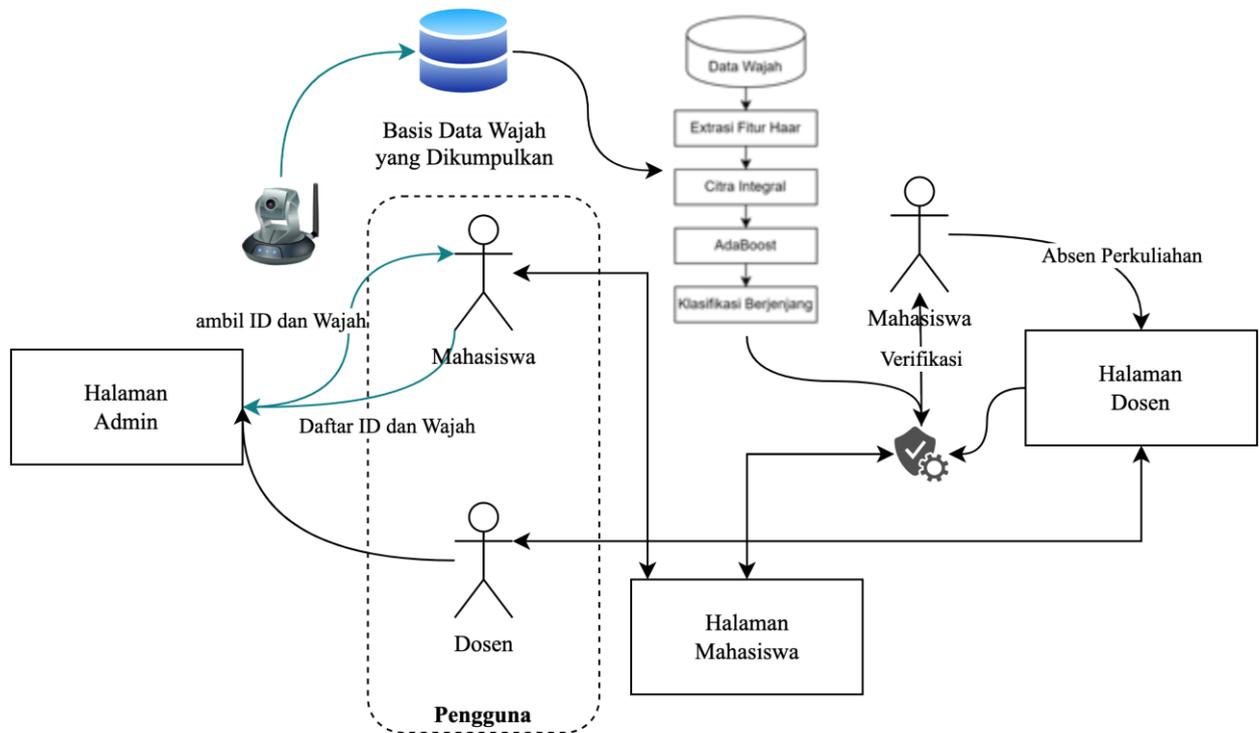
Dalam penelitian ini, kami mengusulkan sebuah sistem absensi mahasiswa menggunakan metode *Haar-Like Feature Cascade* berbasis *Cognitive Internet of Things* (CIoT) dengan memanfaatkan web servis untuk menangkap wajah mahasiswa. Pertama, setiap siswa hanya perlu mengambil citra wajahnya melalui aplikasi web yang telah disediakan yang dapat diakses melalui *mobile phone* menggunakan *smartphone android* untuk menghindari antrian yang panjang. Kedua, jika ada mahasiswa yang tidak memiliki *smartphone*, sistem yang diusulkan dirancang sedemikian rupa sehingga mahasiswa yang tidak memiliki *smartphone* dapat menggunakan *smartphone* mahasiswa lain atau perangkat laptop untuk melakukan absensi. Ketiga, sistem yang diusulkan menggunakan pengklasifikasi sederhana untuk mengenali wajah siswa. Keempat, untuk meningkatkan akurasi pengenalan wajah, sistem yang diusulkan hanya menggunakan pengklasifikasi pada mata kuliah tertentu. Terakhir, untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kecurangan yang dilakukan oleh mahasiswa dalam proses absensi, maka dalam sistem ini hanya bisa digunakan dengan koneksi internet kampus yang dibagi menjadi beberapa segmen Wi-Fi untuk komunikasi antara *smartphone* dan *server*. Oleh karena itu, mahasiswa yang tidak berada di kampus tidak dapat memproses kehadiran mereka.

METODOLOGI

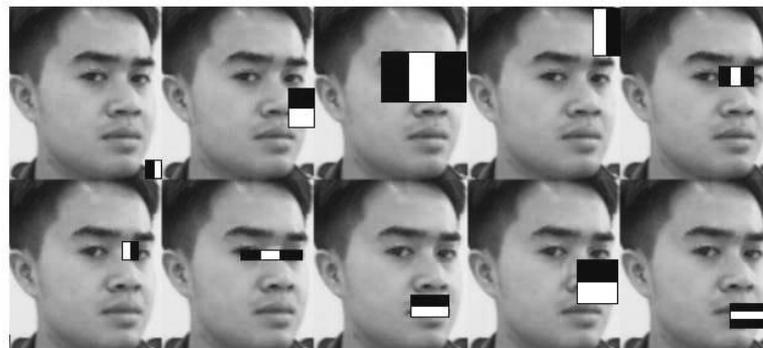
Gambar 1, menunjukkan metodologi sistem presensi mahasiswa yang diusulkan, yang diberi nama Q.Dsent (QR *day student*). Sistem ini mencakup tiga tahapan utama yang dibangun, termasuk admin, mahasiswa, dan dosen.

***Haar-Like Feature Cascade* sebagai model pendeteksi wajah**

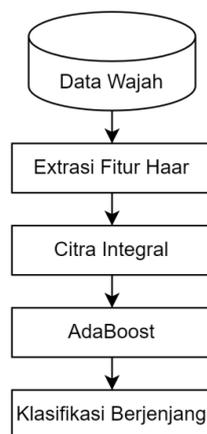
Metode *Haar-Like Feature Cascade* digunakan sebagai dasar model pendeteksi wajah dalam pengembangan prototipe ini guna membangun sistem presensi mahasiswa.



Gambar 1 Kerangka Sistem Presensi Mahasiswa yang Diusulkan



Gambar 2 Proses Metode Fitur *Haar Cascade* pada Salah Satu Citra dengan Posisi P2 (Citra diambil dari (Amylia AR et al., 2023))



Gambar 3 Tahapan metode *Haar-Like Feature Cascade*

salah satu teknik yang sangat populer digunakan untuk visi komputer khususnya dalam deteksi wajah karena kemampuannya mengatasi perhitungan yang kompleks. Teknik ini sangat populer digunakan untuk mendeteksi objek karena efisiensi dan akurasi yang dimilikinya, di mana digunakan sekumpulan fitur *Haar-like* sederhana untuk merepresentasikan pola intensitas lokal pada citra. *Fitur Haar-like* ini pada dasarnya adalah filter yang diterapkan pada citra untuk menghitung satu nilai di setiap lokasi. Fitur-fitur ini memiliki penampilan berupa persegi panjang hitam dan putih dalam berbagai konfigurasi. Beberapa fitur *Haar-Like* dan tahapan dari metode *Haar-Like Feature Cascade* ditunjukkan dalam Gambar 2 dan 3.

1) Ekstraksi Fitur *Haar-like*: Fitur *Haar-like* didefinisikan sebagai perbedaan antara total intensitas piksel dalam wilayah persegi panjang yang berdekatan. Misalnya, fitur *Haar-like* bisa terdiri atas sepasang persegi panjang yang berdekatan, di mana satu persegi panjang mencakup wilayah mata, dan yang lain mencakup wilayah hidung. Nilai fitur dihitung sebagai selisih antara total intensitas piksel dalam kedua persegi panjang tersebut.

2) Citra Integral: Untuk menghitung fitur *Haar-like* dengan efisien, teknik gambar integral digunakan. Gambar integral pada piksel tertentu (x, y) berisi jumlah semua intensitas piksel dalam persegi panjang yang dibatasi oleh $(0, 0)$ dan (x, y) dalam gambar asli. Gambar integral dapat dihitung dalam satu langkah melalui gambar asli dan memungkinkan perhitungan fitur *Haar-like* pada setiap lokasi dalam waktu konstan.

3) Ada *Boost*: Langkah berikutnya melibatkan pemilihan sekelompok kecil fitur *Haar-like* paling efektif dalam membedakan antara wilayah wajah dan bukan wajah. Hal ini dilakukan dengan menggunakan algoritma. Ada *Boost*, yang memilih fitur terbaik berdasarkan kemampuannya untuk mengklasifikasikan contoh pelatihan dengan benar.

4) Klasifikasi Berjenjang: Fitur *Haar-like* yang terpilih digabungkan untuk membentuk kaskade dari klasifikasi. Setiap tahap dari kaskade terdiri atas beberapa klasifikasi lemah (biasanya keputusan cabang) yang dilatih pada subset fitur tertentu. Skema pembagian data untuk pemodelan klasifikasi ditentukan pada 80% (pelatihan) dan 20% (pengujian). Arsitektur kaskade memungkinkan penolakan cepat pada wilayah bukan wajah, yang secara signifikan mempercepat proses deteksi wajah.

Alur dan Tampilan Sistem

1) Dosen: dalam sistem aplikasi presensi mahasiswa, tahapan pertama adalah login yang dilakukan oleh dosen, seperti yang biasanya dilakukan. Setelah berhasil login, akses akan diberikan kepada dosen untuk memilih mata kuliah dan menampilkan QR Code di dalam kelas yang dibuat secara otomatis oleh server.

2) Mahasiswa: kode QR yang ditampilkan oleh dosen di dalam kelas dapat dipindai oleh mahasiswa. Jika kode QR tersebut berhasil dipindai oleh mahasiswa, mereka akan langsung dihadapkan dengan *web cam* untuk melakukan pengenalan dan pendeteksian wajah. Jika wajah mahasiswa berhasil terdeteksi oleh server, biodata dari mahasiswa tersebut akan ditampilkan.

3) Admin: admin memiliki akses penuh untuk mengatur seluruh isi dalam sistem aplikasi presensi mahasiswa yang telah dibuat. Akses tersebut mencakup kemampuan untuk menambah, menghapus, dan mengubah data dalam sistem, serta merekam dan melihat data mahasiswa yang telah melakukan absensi.

Sistem Pengenalan Wajah

Nilai ambang batas yang akan menentukan penerimaan akurasi untuk algoritma pengenalan wajah diatur oleh sistem. Sebanyak sepuluh data diambil sebagai data basis wajah untuk lima siswa. Masing-masing data sampel memiliki ukuran 150×150 piksel, yang dipilih karena ukuran asli gambar adalah 1024×720 piksel. Data sampel yang diambil dari mahasiswa ditampilkan dalam Tabel 1. Ketika kamera digunakan untuk merekam siswa yang berjalan di depannya, wajah depan akan terdeteksi oleh sistem dan dibandingkan dengan data wajah di data base. Jika data sesuai, nomor matriks mahasiswa akan ditampilkan di layar; dan jika tidak sesuai, maka akan ditampilkan sebagai 'tidak diketahui'. Di dalam sistem, *file comma separated value* (CSV) dihasilkan dengan matriks siswa dan cap waktu deteksi. Setiap kali sistem dijalankan, file CSV dibuat ulang. Selanjutnya, setiap 10 detik, sistem terhubung ke server melalui jaringan area lokal (LAN) untuk mengunggah file log CSV menggunakan protokol transfer file yang aman (SFTP) dan modul PYSFTP.

Server Back-End

Server berfungsi sebagai server SFTP, pemantauan file secara *real-time*, dan *database*. SFTP digunakan

sebagai pengganti FTP untuk memastikan integritas data dan menjaga koneksi yang aman oleh server. Koneksi jaringan area lokal digunakan untuk menjamin keamanan sistem sehingga tidak ada pengguna yang tidak berwenang yang dapat mengakses database. Server SFTP dibuat dengan menggunakan perangkat lunak Core SFTP Server dan klien menggunakan *python PYSFTP Module* untuk mengakses SFTP. Dengan SFTP, file dapat ditransfer dengan aman tanpa kesalahan, berbeda dengan protokol transfer file (FTP) biasa yang terkadang mengakibatkan kerusakan file dan pengunggahan yang tidak berhasil. Ketika file diunggah oleh klien yang merupakan sistem pengenalan wajah *raspberrypi*, setiap perubahan akan dideteksi oleh program *node.js* yang dijalankan secara *real-time* pada server. Setiap pembaruan pada file akan diperbarui ke *database MySQL* oleh program *node.js* secara *real-time*. Hal ini dilakukan dengan menggunakan permintaan bahasa kueri terstruktur (SQL) dari program pendeteksi perubahan file ke *database*.

Pengumpulan Database Citra Wajah

Pada tahap ini, pengumpulan *database* citra wajah mahasiswa dari Program Studi Informatika Universitas Muhammadiyah Semarang yang diberi nama SFQ2D (*Sample Face Q.Dsent Database*) (Amylia AR et al., 2023), digunakan ketika aplikasi Q.Dsent diimplementasikan. Sampel *database* SFQ2D dapat diakses bebas. Setiap mahasiswa dalam suatu mata kuliah diharuskan untuk mendaftarkan wajahnya disertai nomor registrasi mahasiswa ke dalam sistem absensi melalui citra. Wajah setiap mahasiswa diharuskan didaftarkan bersama dengan nomor registrasi mahasiswa ke dalam sistem absensi melalui citra. Citra wajah setiap mahasiswa diambil sebanyak lima kali menggunakan kamera *smartphone* dengan ekspresi yang berbeda. Lima kali pengambilan citra wajah dilakukan dengan kamera *smartphone* menggunakan ekspresi yang berbeda. Ada lima posisi yang digunakan dalam pengambilan citra wajah, yaitu "Posisi 1" hingga "Posisi 7". "Posisi 1 (P1)" merupakan pengambilan citra wajah dengan arah posisi kamera di depan atau posisi 0°, "Posisi 2 (P2)" merupakan pengambilan citra wajah dengan arah kamera yang sedikit ke kanan atau posisi 45°, "Posisi 3 (P3)" merupakan pengambilan citra wajah dengan arah kamera yang sedikit ke kiri atau posisi -45°, "Posisi 4 (P4)" merupakan pengambilan citra wajah dengan arah kamera menyamping ke kanan atau posisi

90°, "Posisi 5 (P5)" merupakan pengambilan citra wajah dengan arah kamera menyamping ke kiri atau posisi -90°, "Posisi 6 (P6)" merupakan pengambilan citra wajah dengan posisi wajah menghadap ke atas atau posisi 45°, dan terakhir "Posisi 7 (P7)" merupakan pengambilan citra wajah dengan posisi wajah menghadap ke bawah atau posisi -45°. Detail dari proses ini diilustrasikan dalam Tabel 1, yang menunjukkan sampel pengumpulan data citra wajah. Dalam Tabel 1, detail dari proses ini diilustrasikan, yang menunjukkan sampel pengumpulan data citra wajah. Dengan demikian, aplikasi web dapat menangkap citra wajah secara *real-time* berdasarkan nama yang telah ditentukan sebelumnya. Dengan demikian, citra wajah dapat ditangkap secara *real-time* oleh aplikasi web berdasarkan nama yang telah ditentukan sebelumnya.

Konfigurasi Model Sistem

Tahap akhir dari eksperimen ini adalah dengan menentukan jenis pengujian yang akan diterapkan pada sistem aplikasi yang dibuat. Pada konfigurasi model sistem presensi mahasiswa kami set pelatihan dan pengujian model sebesar 80% dan 20% ditentukan. Di tahap pelatihan model (*training model*) 80%, data citra yang digunakan diidentifikasi dengan sebanyak lima puluh citra berwarna dari sepuluh mahasiswa dengan persetujuan mereka. Kemudian, model pengujian (*testing model*) 20% diidentifikasi dengan memiliki lima belas citra berwarna dari tiga mahasiswa. Selain itu, pendekatan pengujian secara *real-time* pada wajah mahasiswa melalui kamera pendeteksi juga digunakan oleh kami.

Performa model dievaluasi menggunakan *confusion matrix*, yang merupakan alat yang digunakan dalam analisis statistik untuk mengevaluasi kinerja model klasifikasi. Akurasi dan NPP (nilai prediksi positif), yang biasa disebut sebagai presisi, akan digunakan sebagaimana didefinisikan pada Formula 1 dan 2.

$$Akurasi = \frac{(TP+TN)}{(TP+FP+FN)} \quad (1)$$

$$NPP = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \quad (2)$$



Gambar 4 Hasil Deteksi Wajah dari Sistem Q.Dsent Menggunakan Model Pengklasifikasi *Feature Haar Cascade* pada Satu Wajah Individu Mahasiswa secara *Realtime*



Gambar 5 Hasil Deteksi Wajah dari Sistem Q.Dsent Menggunakan Model Pengklasifikasi *Feature Haar Cascade* pada Lebih dari Dua Wajah Individu Mahasiswa secara *Realtime*

$Akurasi = \frac{(TP+TN)}{(TP+FP+FN)} NPP = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\%$ di mana TP berarti (*true positive*) adalah jumlah wajah yang terdeteksi dengan benar, FP (*false positive*) adalah wajah yang dideteksi terbukti salah (bukan wajah sebagai wajah), TN (*true negative*) adalah jumlah wajah dideteksi salah dan itu benar, dan FN (*false negative*) adalah jumlah wajah dideteksi salah tetapi sebenarnya itu benar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

gambar dan menghasilkan output dari sistem yang diusulkan. Persyaratan perangkat dan konektivitas internet memiliki fungsi penting dalam kerangka kerja ini.

Kami telah melakukan beberapa percobaan untuk menganalisis kinerja sistem. Setelah beberapa kali pengujian, kami puas dengan hasil yang diberikan dan hasilnya sesuai dengan yang diharapkan.

Pada pengujian 1, kami menguji wajah-wajah yang ada di penyimpanan database. Hasil dari pengujian 1 ini memiliki akurasi (AKU) dan nilai prediksi positif

Tabel 1 Sampel Pengumpulan Data Citra Wajah

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
A							
B							
C							
D							
E							

Pada percobaan ini, pengujian dilakukan dengan bahasa pemrograman Python yang digabungkan dengan modul OpenCV 3.4.1, pada sebuah komputer desktop dengan prosesor AMD Ryzen 7 3800x 8core - Processor @ 3.90GHz CPU dan RAM internal 32 GB. Dibutuhkan waktu 1--2 detik untuk memproses

(NPP) masing-masing sebesar 100% dan 100%. Hasil ini menunjukkan sistem dapat mendeteksi wajah dan mengidentifikasi orang tersebut dengan baik.

Pada pengujian 2, kami menguji wajah individu mahasiswa yang sama secara *realtime* melalui kamera dengan latar belakang yang berbeda. Hasil dari

pengujian 2 juga menghasilkan akurasi *output* sebesar 100%. Sistem juga dapat mendeteksi wajah dan mengidentifikasi orang yang sama dari lingkungan yang berbeda dengan latar belakang yang berbeda, lihat Gambar 4 dan 5.

Tabel 2 Hasil Performa Model Pengklasifikasi *Feature Haar Cascade* pada *Database SFQ2D* pada Sistem Presensi

Data Pelatihan dan Pengujian (%)	Akurasi	NPP	Waktu (detik)
80 : 20	98%	98%	1.78

Berdasarkan ilustrasi yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5, wajah berhasil dideteksi. Hal ini dikarenakan kemampuan model pengklasifikasi *feature haar cascade* dalam mendeteksi wajah secara *real-time* dengan tepat berdasarkan input data masukan. Hasil eksperimen ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dikonfirmasi oleh [5], bahwa model metode *Haar-Like Feature Cascade* sangat baik dalam pengenalan objek wajah secara presisi.

KESIMPULAN

Studi ini bertujuan untuk menangani masalah kecurangan kehadiran mahasiswa dengan mengembangkan sistem presensi wajah berbasis *cognitive internet of things (CIoT)* yang disebut *Q.Dsent (QR day students)*. Dengan menggunakan model pengklasifikasi *feature haar cascade*, pola intensitas lokal pada citra wajah digunakan untuk mengenali mahasiswa dari berbagai posisi depan. Sistem ini berhasil mencapai tingkat akurasi (AKU) dan nilai prediksi positif (NPP) sebesar 98% dan 98% dalam mengidentifikasi wajah mahasiswa. Kemampuan sistem dalam mendeteksi wajah dan mengidentifikasi individu dinilai baik. Berdasarkan temuan ini sistem presensi mahasiswa yang kami usulkan dapat mengelola kehadiran mahasiswa secara efisien dan mencegah kecurangan dalam lingkungan kampus.

Untuk penelitian selanjutnya kami akan mulai melakukan pengembangan model *feature haar cascade* dengan menggabungkan beberapa model pembelajaran berbasis *machine learning* termasuk *artificial neural network (ANN)*, *naïve bayes (NB)*, *support vector machine (SVM)*, dan lain-lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kemenristekdikti melalui Ditjen Belmawa sebagai pemberi hibah dalam kegiatan Program Kreativitas Mahasiswa – Karsa Cipta (PKM-KC) 2023. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada Ahmad Ilham yang telah membimbing kami mulai dari awal hingga akhir proses penggarapan artikel ilmiah dan HAKI sebagai luaran dari kegiatan PKM-KC.

DAFTAR PUSTAKA

- Ababaou, N., Maafiri, A., Mohamed, A., & El Mohadab, M. (2023). *Android-Based Attendance Management System* (pp. 298–307). https://doi.org/10.1007/978-3-031-29860-8_31
- Ambre, S., Masurekar, M., & Gaikwad, S. (2020). *Face Recognition Using Raspberry PI* (pp. 1–11). https://doi.org/10.1007/978-3-030-38445-6_1
- Amylia AR, A., April Liana, D., Maharani, A., Kristianto, B., Ahmad, & Ilham, A. (2023). *Sample Face Q.Dsent Database (SFQ2D)*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8378429>
- Chiang, T.-W., Yang, C.-Y., Chiou, G.-J., Lin, F. Y.-S., Lin, Y.-N., Shen, V. R. L., Juang, T. T.-Y., & Lin, C.-Y. (2022). Development and Evaluation of an Attendance Tracking System Using Smartphones with GPS and NFC. *Applied Artificial Intelligence*, 36(1). <https://doi.org/10.1080/08839514.2022.2083796>
- Hoo, S. C., & Ibrahim, H. (2019). Biometric-based attendance tracking system for education sectors: A literature survey on hardware requirements. *Journal of Sensors*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/7410478>
- Mishra, S., Kumar, C., Ali, A., & Bala, J. (2021). Online Attendance Monitoring System Using QR Code (OAMS). *2021 2nd International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)*, 379–384. <https://doi.org/10.1109/ICIEM51511.2021.9445304>
- Pramana, E. (2018). Determinants of the Adoption of Mobile Learning Systems among University Students in Indonesia. *Journal of Information Technology Education: Research*, 17, 365–398. <https://doi.org/10.28945/4119>
- Rahmatulloh, A., Gunawan, R., & Darmawan, I. (2019). Web Services to Overcome Interoperability in Fingerprint-based Attendance System. *Proceedings of*

the 2018 International Conference on Industrial Enterprise and System Engineering (IcoIESE 2018).
<https://doi.org/10.2991/icoiese-18.2019.49>

Rjeib, H. D., Ali, N. S., Al Farawn, A., Al-Sadawi, B., & Alsharqi, H. (2018). Attendance and information system using RFID and web-based application for academic sector. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(1), 266–274.
<https://doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090137>

Rukhiran, M., Wong-In, S., & Netinant, P. (2023). User Acceptance Factors Related to Biometric Recognition Technologies of Examination Attendance in Higher Education: TAM Model. *Sustainability*, 15(4), 3092.
<https://doi.org/10.3390/su15043092>

Sunaryono, D., Siswanto, J., & Anggoro, R. (2021). An android based course attendance system using face recognition. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 33(3), 304–312.
<https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2019.01.006>

Yusof, Y. W. M., Nasir, M. A. M., Othman, K. A., Suliman, S. I., Shahbudin, S., & Mohamad, R. (2018). Real-time internet based attendance using face recognition system. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(3), 174–178.
<https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.15.17524>