

PERANCANGAN PURWARUPA SISTEM KEAMANAN KUNCI PINTU BERBASIS PENGENALAN WAJAH

Ahmad Roihan^{*1}, Dedeh Supriyanti², M Ardhana Herwandi Aziz³, Ahmad Hunaepi⁴

^{1,3}Program Studi Sistem Komputer, Universitas Raharja

²Program Studi Teknik Informatika, Universitas Raharja

Jl. Jenderal Sudirman No.40, Cikokol, Kota Tangerang

⁴Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang

Jl. Surya Kencana No.1, Pamulang, Kota Tangerang Tangerang Selatan

e-mail: ^{1*}ahmad.roihan@raharja.info, ²dedeh@raharja.info, ³m.ardhana@raharja.info,
⁴ahmadhunaepi@unpam.ac.id

Abstract

Criminal acts often occur in recent times. In addition, each company also needs to create an instrument in the attendance administration process. Computer vision method by using human faces is used in this research. The method in this research is divided into three parts, namely data collection, analytical, and prototypes methods. To get maximum system design results, at least an analysis is needed to determine the system requirements. At the system design stage, the system is designed with images such as flowcharts and block diagrams. Testing using black-box gets several evaluation results. From the test results, it was found that the system cannot recognize faces at distances greater than 60 cm. The door lock system uses the facial recognition method, by matching the face image with the database that has been saved from the camera module captures. All data displayed in a web based application. This research aims to assist companies in creating an automated attendance system, enabling it to be useful in maintaining employee discipline and office security.

Keyword: attendance system, computer vision, face recognition, web application

PENDAHULUAN

Tindakan kriminal semakin sering terjadi belakangan ini, seperti perampokan atau pencurian di kantor dan rumah saat situasi tenang atau malam hari, mungkin karena tempatnya tidak dijaga atau sudah ditinggalkan oleh karyawan dan pemilik (Juniawan *et al.* 2018). Selain itu, setiap perusahaan juga memerlukan alat dalam proses administrasi kehadiran (Roihan *et al.* 2022). Sistem kehadiran konvensional seringkali tidak efektif dan tidak efisien (Hunaepi *et al.* 2023). Dalam hal waktu, setidaknya proses kehadiran membutuhkan waktu yang lama. Setidaknya dibutuhkan proses alur kerja dalam empat tahap, mulai dari mencetak, mendistribusikan, mengumpulkan kembali data untuk dimasukkan ke komputer sehingga memerlukan proses yang panjang. Langkah ini menyebabkan pemborosan kertas, dan setelah itu hasil rekapitulasi tidak lagi digunakan. Daftar kehadiran digunakan sebagai bukti kedatangan karyawan di tempat kerja. Tentu saja, dalam mengelola data, diperlukan sistem. Ini dapat disimpan dan dapat dimanfaatkan sesuai kebutuhannya. Ada banyak sistem kehadiran yang ditemukan saat ini, baik konvensional maupun otomatis. Masalah juga terjadi dalam kasus sistem kehadiran otomatis (Setiawan 2018; Abdullah *et al.* 2020; Pratama 2017). Penggunaan teknologi biometrik sangat cocok untuk diimplementasikan dalam sistem identifikasi yang membutuhkan keamanan tinggi (Safri *et al.* 2021). Penipuan juga menjadi masalah. Mempercayakan kehadiran karyawan dapat mempengaruhi kinerja karyawan, dan hal ini akan membuat kerugian bagi perusahaan. Oleh karena itu, perusahaan menginginkan sistem kehadiran yang lebih baik dan otomatis, di mana hal ini dapat meningkatkan disiplin karyawan dalam kehadiran. Sistem kehadiran karyawan secara otomatis dan tepat waktu berperan dalam mengetahui waktu masuk dan keluar karyawan sesuai dengan yang telah diatur dalam perusahaan.

Di beberapa kasus lain, sistem otomatis masih menggunakan versi lama dari pengontrol (Roihan *et al.* 2021), memerlukan penyesuaian, dan pembaruan perangkat lunak. Diperlukan konsep yang sederhana dengan versi terbaru, sehingga penelitian ini berfokus pada pembuatan perangkat kehadiran dengan memanfaatkan pengenalan wajah sebagai alat untuk mengumpulkan data kehadiran dan memantau aktivitas karyawan. Ada beberapa masalah utama dalam penelitian ini, termasuk bagaimana merancang alat, komponen dari prototipe alat, cara mendaftarkan pengguna dan menggunakan perangkat sebagai alat kehadiran, menampilkan data karyawan yang telah terdaftar di situs web, dan proses rekapitulasi. Banyak penelitian yang mencoba menerapkan bidang visi komputer dengan menggunakan wajah manusia. Wajah digunakan sebagai kode verifikasi keamanan untuk masuk ke kantor di mana karyawan tidak perlu membukanya secara manual menggunakan kunci atau alat lain. Salah satu teknologi identifikasi yang sedang dikembangkan dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi adalah pengenalan wajah. Setiap wajah memiliki karakteristik unik yang dapat diidentifikasi. Ini dapat digunakan sebagai sistem pencarian untuk seseorang dalam gambar yang mengandung wajah. Proses ini umumnya dikenal sebagai Pengenalan Wajah (Azhari dan Mukhaiyar 2021; Viola dan Jones 2004).

Berdasarkan hasil observasi di perusahaan, diperlukan perancangan sistem kunci pintu otomatis di kantor staf, kemudian ditemukan beberapa masalah, termasuk sistem penguncian pintu kantor masih menggunakan sistem kunci konvensional yang menggunakan kunci. Selain itu, kantor staf mudah diakses oleh orang yang tidak berwenang, sehingga kunci dapat disalin oleh orang yang tidak bertanggung jawab. Penelitian ini hanya berfokus pada pembuatan prototipe sistem keamanan kunci pintu kantor. Oleh karena itu, batasan penelitian ini hanya seputar desain alat. Penelitian ini menggunakan metode pengenalan wajah (*Local Binary Pattern*) sebagai akses untuk membuka kunci pintu ruangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membantu perusahaan dalam membuat sistem kehadiran otomatis yang lebih baik dan lebih aman dari sebelumnya, membantu manajemen dalam mengelola daftar kehadiran dengan mudah, sehingga dapat bermanfaat sebagai sarana membantu perusahaan dalam menjaga disiplin karyawan dan keamanan kantor.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam studi ini terbagi menjadi tiga bagian, yaitu pengumpulan data, analisis, dan metode prototipe. Informasi yang diperoleh dalam pengumpulan data meliputi observasi seperti kunjungan langsung ke perusahaan, menanyakan tentang alur proses kehadiran karyawan. Selain itu, dilakukan wawancara dengan karyawan dan pimpinan mereka. Selain itu, referensi juga diambil dari catatan sebelumnya baik dari jurnal atau artikel ilmiah maupun dari penelitian yang relevan.

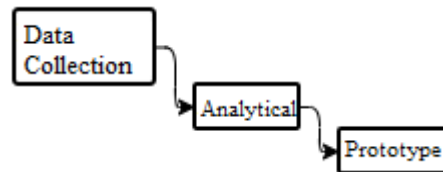
Studi literatur diperoleh dari beberapa artikel ilmiah, seperti penelitian (Al-gawwam dan Benaissa 2018). Penelitian ini menggambarkan sebuah detektor landmark wajah otomatis yang dilatih dengan dataset “*in-the-wild*”, yang menunjukkan ketahanan yang luar biasa terhadap berbagai kondisi pencahayaan, ekspresi wajah, dan orientasi kepala. Penelitian lainnya (Bhojane dan Thorat 2018) menjelaskan tentang sistem pengenalan wajah berbasis untuk menghidupkan mesin mobil saat wajah terdeteksi.

Studi lain yang terkait, seperti kunci pintu otomatis sebagai bentuk kontrol untuk membuka dan mengunci pintu. Biasanya sistem ini diterapkan di gedung hotel dan perkantoran dengan menggunakan kartu untuk membuka pintu. Sistem kunci pintu cerdas adalah teknologi yang bertujuan untuk memudahkan setiap pemilik rumah, sehingga mereka memiliki pintu yang pintar, aman, dan sederhana. Wajah adalah bagian dari tubuh manusia yang menjadi fokus perhatian dalam interaksi sosial, yang memainkan peran penting dengan menunjukkan identitas dan emosi. Manusia dapat mengenali sifat seseorang dari wajahnya. Mereka bahkan dapat mengenali ribuan wajah karena frekuensi interaksi yang tinggi. Pengenalan wajah merupakan sebuah pengenalan pola khusus untuk kasus wajah (Viola dan Jones 2004). *Local Binary*

Pattern (LBP) adalah metode ekstraksi fitur yang merupakan karakteristik dari gambar seperti wajah.

Metode analisis bermanfaat untuk mengetahui kinerja sistem lama, kemudian membandingkannya dan mengembangkannya dengan sistem baru menggunakan metode Siklus Hidup Pengembangan Sistem (*System Development Life Cycle*-SDLC). Metode ini setidaknya terbagi menjadi 4 bagian utama seperti perencanaan, analisis, desain, dan pengujian.

Pada tingkat perencanaan, beberapa hal terkait penelitian direncanakan, termasuk mendefinisikan masalah, membuat jadwal, dan memulai proses pengembangan proyek. Pada tingkat analisis, masalah yang menjadi objek penelitian dilakukan dalam proses analisis yang lebih mendalam untuk menguraikan masalah yang ada agar lebih terperinci dan jelas. Kemudian mengumpulkan informasi terkait masalah yang akan diselesaikan.



Gambar 1. Tahapan Metode Penelitian

Pada tingkat desain, penelitian mulai fokus pada proses pengembangan desain sistem saat ini. Metode yang digunakan pada tingkat desain dalam penelitian ini menggunakan diagram blok, di mana langkah demi langkah proses pembuatan prototipe dilakukan. Selanjutnya, diungkapkan dalam gambar ringkasan yang menyatakan kombinasi sebab dan akibat antara bagian input dan output dari desain sistem.

Pada tingkat pengujian, eksperimen menggunakan uji *Black-box* pada sistem yang akan dibuat. Alat dapat mengetahui kelebihan dan kekurangan desain sesuai dengan ketentuan dan juga bebas dari kesalahan. Eksperimen dilakukan untuk menentukan kemampuan dan akurasi alat terkait jarak kemampuan kamera untuk menerima wajah dan menampilkannya di situs web.

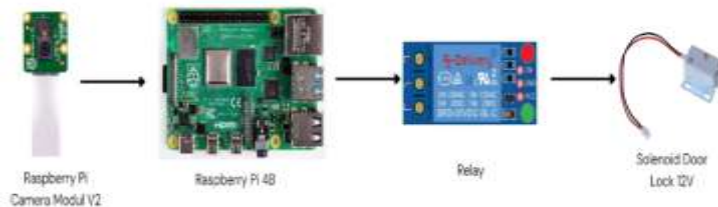
Metode prototipe yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan prototyping cepat (*throw-away*), yang cocok untuk merancang model eksperimental. Pendekatan ini memungkinkan untuk membuat versi awal dari sistem atau produk dengan cepat dan relatif murah. Prototipe ini tidak dimaksudkan untuk digunakan dalam jangka panjang atau produksi, melainkan sebagai alat untuk mengevaluasi dan menguji konsep-konsep yang dirancang. Dengan menggunakan pendekatan prototyping cepat, penelitian ini dapat mengeksplorasi berbagai ide dan kemungkinan solusi dalam waktu singkat. Prototipe akan membantu dalam menilai efektivitas dan efisiensi sistem yang diusulkan, serta memastikan bahwa fungsi-fungsi operasional sesuai dengan kebutuhan yang ada. Hasil dari prototipe ini akan digunakan untuk merancang sistem akhir atau produk yang lebih matang dan dapat diimplementasikan secara lebih luas. Metode ini memungkinkan untuk melakukan iterasi dan perbaikan berkelanjutan, sehingga mendapatkan solusi yang optimal sebelum penerapan secara penuh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan hasil desain sistem yang maksimal, diperlukan analisis untuk menentukan persyaratan sistem dalam merumuskan komposisi alat, sistem, dan perencanaan jadwal pembentukan sistem sehingga sistem yang dirancang dapat bekerja secara optimal.

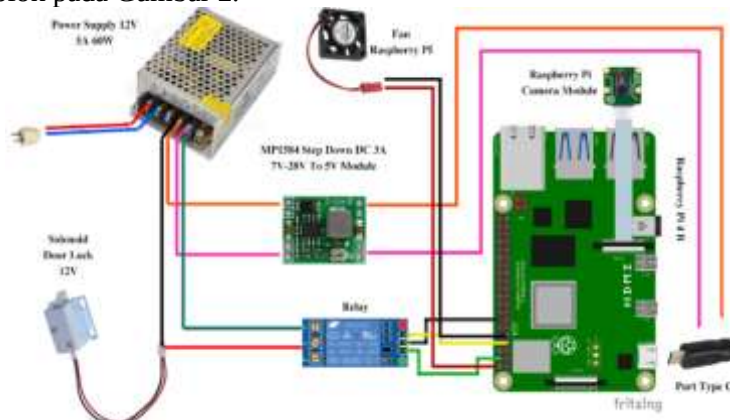
Pada tahap persyaratan, komposisi yang diharapkan oleh pemangku kepentingan harus ditentukan baik dari segi perangkat lunak maupun perangkat keras yang akan digunakan untuk membuat prototipe. Kebutuhan perangkat keras penelitian ini meliputi Raspberry Pi 4 Type B Ram 4GB, Raspberry PI Camera Module V2.1, Power Supply 12V 5A 60W, Step Down DC 3A 7V-28V to 5V, DC Male to USB Type C Power Adapter, 1 Channel Relay, Jumper Cable, SD Card 128 GB, Solenoid Door Lock 12V, dan Laptop. Sementara itu, untuk komponen perangkat lunak dan desain dapat menggunakan OS Raspbian Buster, Python, PHP, Maria DB, Thony IDE, editor kode, Fritzing, dan Chrome.

Pada tahap desain sistem, sistem dirancang dengan menggunakan gambar seperti *flowchart* dan diagram blok. Selanjutnya, penerapan algoritma dapat dilakukan melalui bahasa pemrograman sehingga prototipe ini dapat digunakan. Pada tahap pengujian, sistem diuji menggunakan metode black box terhadap performa fisik dari perangkat keras dan perangkat lunak. Pada tahap pemeliharaan, pemeriksaan berkala diperlukan terhadap sistem. Hal ini bermanfaat untuk menjaga agar alat tetap berjalan dan beroperasi sesuai yang diharapkan. Selanjutnya, pengguna dapat mengoperasikan sesuai dengan pedoman penggunaan sistem.



Gambar 2. Diagram blok

Bagian utama dari sistem terdiri dari 3 bagian, yaitu input, proses, dan output. Pada bagian input, kamera Raspberry Pi digunakan sebagai alat deteksi wajah atau penangkapan wajah. Pada bagian proses, Raspberry Pi akan mengolah data wajah yang terdeteksi. Sedangkan pada bagian output, solenoid kunci pintu digunakan untuk membuka dan mengunci pintu, sesuai dengan data yang dikirimkan dari bagian proses dengan media relay. Hal ini diilustrasikan dalam diagram blok pada Gambar 2.



Gambar 3. Model arsitektur

Berdasarkan Gambar 3, Modul Kamera Raspberry Pi terhubung ke port kamera pada Raspberry Pi 4B. Power Supply berfungsi sebagai sumber arus listrik. Berikut adalah susunan konfigurasi rangkaian keseluruhan:

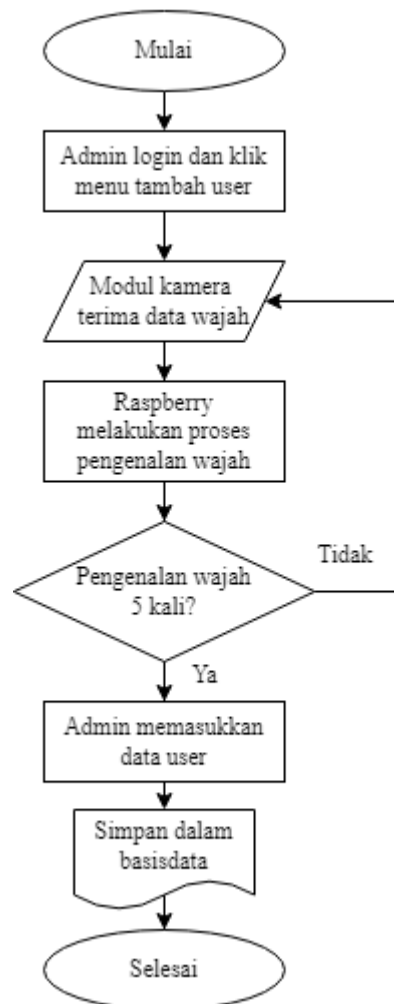
- a. Modul Kamera Raspberry Pi terhubung ke port kamera pada Raspberry Pi 4B.
- b. Power Supply berfungsi sebagai sumber arus listrik dengan koneksi sebagai berikut:
 - 1) Pin V- (kabel hitam) pada Power Supply terhubung ke ground (GND) pada Solenoid Door Lock.
 - 2) Kabel oranye dari Power Supply terhubung ke port Tipe C pada Raspberry Pi 4B melalui Modul Step Down.
 - 3) Pin V+ (kabel hijau gelap) pada Power Supply terhubung ke pin N.O. (Normally Open) pada relay.
 - 4) Kabel pink dari Power Supply terhubung ke port Tipe C pada Raspberry Pi 4B melalui Modul Step Down.
- c. Relay digunakan untuk mengontrol Solenoid Door Lock dengan koneksi sebagai berikut:
 - 1) Pin IN (kabel kuning) pada relay terhubung ke pin 7 GPIO (4) pada Raspberry Pi 4B.
 - 2) Pin GND (kabel hitam) pada relay terhubung ke pin 14 GND pada Raspberry Pi 4B.

- 3) Pin VCC (kabel hijau terang) pada relay terhubung ke pin 4 (5V) pada Raspberry Pi 4B.
- 4) Pin COM (Common) (kabel merah) pada relay terhubung ke pin 12V pada Solenoid Door Lock.

Koneksi-koneksi ini memastikan bahwa daya dan sinyal didistribusikan dengan benar antara Raspberry Pi, modul kamera, power supply, relay, solenoid door lock, dan kipas seperti yang digambarkan dalam Gambar 3. Dengan urutan ini, dapat dilihat bagaimana setiap komponen terhubung satu sama lain dalam sistem untuk mengaktifkan dan mengontrol kunci pintu secara otomatis berdasarkan data pengenalan wajah yang diproses oleh Raspberry Pi.

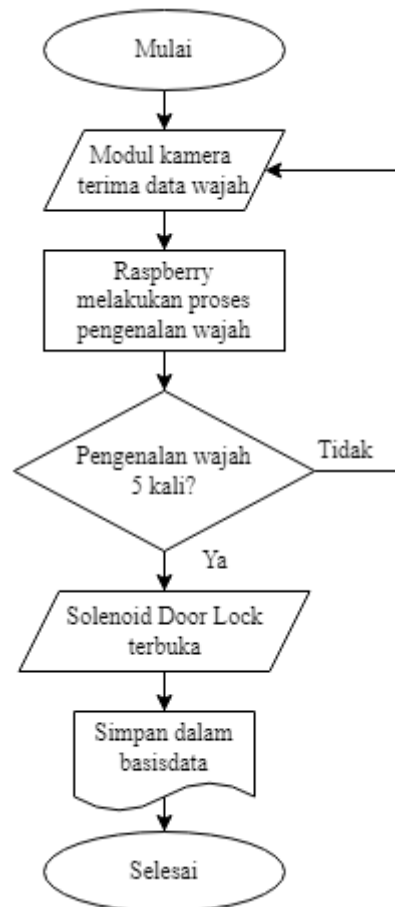
Desain sistem memerlukan komponen elektronik atau perangkat keras sebagai sistem pendukung untuk berfungsi sesuai dengan fungsinya. Selain itu, desain ini juga membutuhkan alat keras dan perangkat lunak untuk merancang sistem kunci pintu kantor dengan menggunakan metode pengenalan wajah.

Sistem kunci pintu ini menggunakan metode pengenalan wajah, di mana gambar wajah yang ditangkap oleh modul kamera dibandingkan dengan database yang telah disimpan. Setiap pengguna yang ditambahkan ke sistem ini akan melalui proses di mana pengontrol akan menyimpan 5 foto wajah per pengguna. Proses ini penting untuk tujuan pelatihan dan melibatkan pengambilan 5 gambar wajah yang berbeda untuk setiap pengguna, seperti yang dijelaskan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir sistem tambah pengguna

Metode pengenalan wajah yang digunakan dalam sistem ini memungkinkan pengguna untuk secara efisien membuka kunci pintu dengan hanya menggunakan wajah mereka sebagai verifikasi identitas. Proses pelatihan yang mencakup penyimpanan multiple gambar wajah setiap pengguna bertujuan untuk meningkatkan akurasi pengenalan dan keandalan sistem. Hal ini akan mendukung keamanan kantor dengan memastikan hanya pengguna yang terotorisasi yang dapat mengakses ruangan, mengurangi risiko penggunaan kunci fisik yang rentan terhadap duplikasi atau kehilangan.

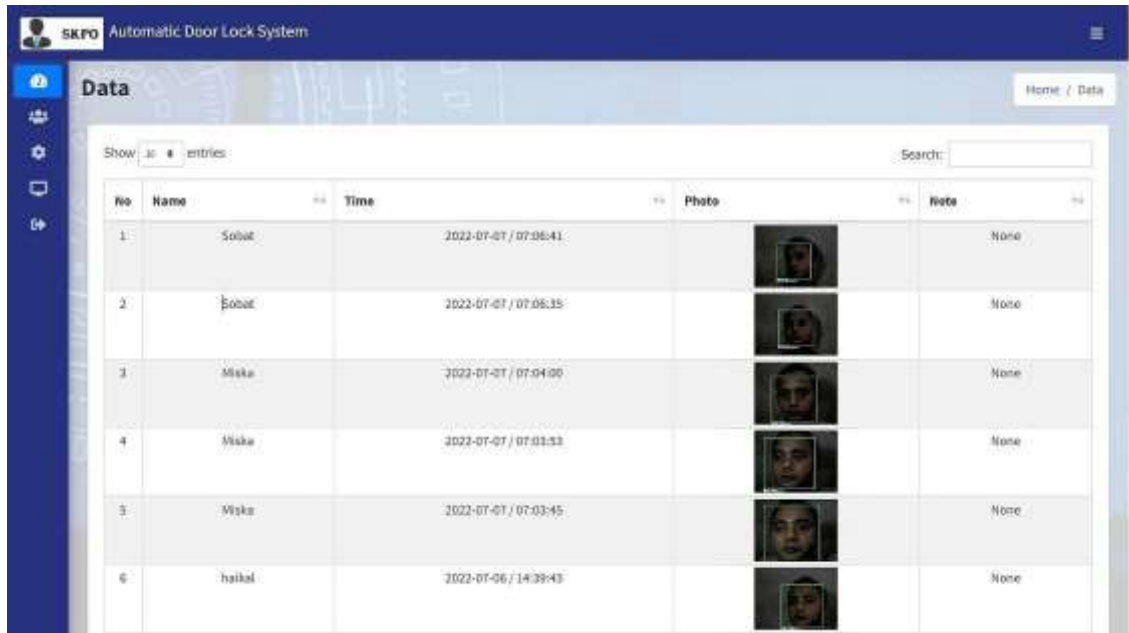


Gambar 5. Diagram sistem yang diusulkan

Berdasarkan Gambar 5, terdapat beberapa simbol yang digunakan dalam alur proses flowchart sistem yang diusulkan:

- 2 Simbol Terminal: Simbol-simbol ini berfungsi sebagai titik “mulai” dan “selesai” dalam flowchart, menandakan awal dan akhir dari proses.
- 1 Simbol Proses: Simbol ini menunjukkan proses mengaktifkan kamera Raspberry Pi dan login admin pada halaman web.
- 1 Simbol Input/Output: Simbol ini mewakili pengisian formulir pengguna baru pada menu registrasi di halaman web.
- 1 Simbol Keputusan: Simbol ini digunakan untuk pengambilan keputusan, dengan cabang untuk hasil “Ya” dan “Tidak” berdasarkan apakah wajah dapat dikenali oleh sistem sebanyak 5 kali. Jika jawabannya “Tidak”, alur kembali ke halaman menu login admin; jika “Ya”, alur dilanjutkan ke proses berikutnya di mana data pengguna dan wajah disimpan ke dalam basis data.
- 1 Simbol Dokumen: Simbol ini mengindikasikan bahwa data yang dimasukkan telah berhasil disimpan ke dalam basis data.

Simbol-simbol ini secara kolektif menggambarkan langkah-langkah berurutan dan titik pengambilan keputusan yang terlibat dalam operasi sistem, dengan penekanan pada proses registrasi pengguna, pengenalan wajah, dan manajemen basis data dalam arsitektur sistem yang diusulkan.



Gambar 6. Tampilan data pengguna dalam aplikasi web

Gambar 6 menggambarkan bahwa data wajah telah dikenali, diproses, dan data pengguna akan dimasukkan ke dalam basis data. Selanjutnya, data ini ditampilkan dalam aplikasi berbasis web. Tahap selanjutnya adalah pengujian program terhadap persyaratan fungsionalnya. Ini penting untuk menemukan kesalahan yang ada dalam sistem menggunakan metode pengujian kotak hitam. Pengujian dilakukan dengan mengamati hasil dari eksekusi data uji dan memeriksa fungsionalitas perangkat lunak. Alat ini dirancang menggunakan Raspberry Pi dengan bahasa pemrograman Python. Sementara itu, komunikasi dengan situs web berbasis PHP diperoleh menggunakan API ajax.

Berikut adalah tabel untuk evaluasi pengujian menggunakan metode black-box testing dari penelitian yang telah dilakukan.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Black Box*

No	Pengujian	Kondisi Pengujian	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Pengenalan Wajah	Jarak > 60 cm	Tidak dapat mengenali wajah	Batasan jarak tidak terpenuhi
2	Pengenalan Wajah	Pencahayaan rendah	Tidak dapat mengenali wajah	Memerlukan pencahayaan yang cukup
3	Koneksi Internet	Koneksi stabil	Program dapat dijalankan tanpa keterlambatan	Koneksi internet yang stabil diperlukan
4	Integrasi Raspberry Pi dengan PHP Web API	Komunikasi dengan API ajax	Berhasil berkomunikasi dengan situs web berbasis PHP	Integritas antara Raspberry Pi dan PHP Web API berhasil
5	Proses Pelatihan Wajah	Mencocokkan gambar wajah dengan database pengguna	Berhasil memproses dan menyimpan data gambar wajah	Proses pelatihan wajah berhasil dilakukan

Tabel 1 mencatat hasil pengujian untuk beberapa fitur kunci dari desain alat menggunakan Raspberry Pi dengan Python, yang melibatkan pengenalan wajah, koneksi internet, komunikasi dengan PHP Web API, dan proses pelatihan wajah. Setiap pengujian mencatat kondisi, hasilnya, dan keterangan tambahan untuk setiap fitur yang diuji.

Proses kerja alat dapat dijelaskan dalam prototipe Gambar 7 bahwa modul kamera menangkap wajah, kemudian pengontrol memproses wajah tersebut. Jika sistem mengenali sebuah wajah, maka akan memicu Raspberry Pi untuk memberikan perintah kepada relay sehingga solenoid kunci pintu menerima arus listrik. Hal ini memungkinkan kunci pintu kantor staf untuk dibuka. Proses ini menunjukkan bagaimana sistem menggunakan pengenalan wajah untuk mengontrol kunci pintu secara otomatis. Setelah wajah diidentifikasi oleh modul kamera, data wajah diproses untuk memutuskan apakah kunci dibuka atau tidak. Ini menggambarkan integrasi antara perangkat keras (seperti Raspberry Pi, kamera, dan relay) dan perangkat lunak (untuk pengolahan data wajah dan pengontrolan kunci pintu), yang memungkinkan otomatisasi dalam pengelolaan akses ke ruang kantor.



Gambar 7. Purwarupa sistem keamanan kunci pintu

KESIMPULAN

Desain alat menggunakan Raspberry Pi dengan bahasa pemrograman Python. Sementara itu, komunikasi dengan situs web berbasis PHP dilakukan menggunakan API ajax. Sistem kunci pintu menggunakan metode pengenalan wajah, dengan mencocokkan gambar wajah dengan database yang disimpan dari tangkapan modul kamera. Setiap pengguna yang ditambahkan ke sistem, pengontrol akan menyimpan 5 gambar wajah. Hal ini bermanfaat untuk proses pelatihan setiap pengguna, dengan mengacu pada 5 wajah tersebut. Pengujian menggunakan metode kotak hitam memberikan beberapa hasil evaluasi, termasuk program dapat dijalankan dengan koneksi internet yang stabil untuk meminimalkan keterlambatan saat menjalankan program. Sistem tidak dapat mengenali wajah pada jarak lebih dari 60 cm. Kamera Raspberry Pi tidak dapat mengenali wajah dalam kondisi pencahayaan rendah, dan memerlukan pencahayaan tambahan agar sistem dapat berjalan dengan baik dan lancar. Penelitian ini bertujuan untuk membantu perusahaan dalam menciptakan sistem absensi otomatis, sehingga sistem tersebut dapat berguna dalam menjaga disiplin karyawan dan keamanan kantor.

SARAN

Terdapat berbagai metode deteksi wajah dalam penelitian pengenalan wajah, penelitian selanjutnya masih menentukan metode dengan deteksi wajah tercepat kemudian melakukan perbandingan, kemudian dapat diterapkan ke komputer server, sehingga kamera yang digunakan dapat lebih portabel dan dapat memanfaatkan kamera klien, dan aktuator dapat dijalankan dengan konsep *Internet of Things*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, B., Ms, A. U., & Wibisono, K. A. (2020). Perancangan Sistem Absensi Sekolah Menggunakan RFID Berbasis Internet Of Thing DI SMPN 1 Kamal. *SinarFe7*, 3(1), 1–5.
- Al-gawwam, S., & Benaissa, M. (2018). Robust eye blink detection based on eye landmarks and Savitzky–Golay filtering. *Information*, 9(4), 93.
- Azhari, F. A., & Mukhaiyar, R. (2021). Door Security System Menggunakan Teknologi Biometric Face Recognition. *Ranah Research Journal*, 76–84.
- Bhojane, K. J., & Thorat, S. S. (2018). Face Recognition Based Car Ignition and Security System. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 5(05), 3565-3668.
- Hunaepi, A., Roihan, A., & Nurtursina, A. (2023). Perancangan Sistem Kehadiran Pendidik Dan Tenaga Kependidikan Berbasis Mikrokontroler Esp32Cam. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi (SINTEK)*, 3(2), 61-67.
- Juniawan, F. P., Sylfania, D. Y., & Dika, E. A. (2018). Prototipe Sistem Keamanan Ruangan Arsip Menggunakan Mikrokontroler Berbasis SMS Gateway. *In Konferensi Nasional Sistem Informasi* (pp. 1042–1047).
- Pratama, S. H. (2017). Sistem Absensi Berbasis RFID Menggunakan Raspberry Pi. *Palliative Care Research*, 25(1), 9–14.
- Roihan, A., Rahayu, N., & Aji, D. S. (2021). Perancangan Sistem Kehadiran Face Recognition Menggunakan Mikrokomputer Berbasis Internet of Things. *Technomedia Journal*, 5(2 Februari), 155–166.
- Roihan, A., Sunandar, E., & Fatah, M. A. A. (2022). Purwarupa RFID Student Smart Card Berbasis Raspberry pada Sekolah Menengah Kejuruan GT. *EXPERT: Jurnal Manajemen Sistem Informasi dan Teknologi*, 12(1), 16–22.
- Safri, G. R., Irawan, D., & Astutik, R. P. (2021). Penerapan Liveness Sebagai Anti-Spoofing Citra Digital Pada Sistem Keamanan Akses Kontrol Ruang Server Berbasis Raspberry Pi. *E-Link Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, 16(2), 31.
- Setyawan, R. (2018). Sistem absensi sidik jari online berbasis IoT menggunakan Raspberry Pi (*Undergraduate thesis*). *Universitas 17 Agustus 1945*.
- Viola, P., & Jones, M. J. (2004). Robust real-time face detection. *International Journal of Computer Vision*, 57(2), 137–154.