

Perancangan Sistem Smart Dorm Lock Berbasis IoT untuk Kontrol Akses Otomatis Menggunakan Raspberry Pi

1st Irfan Maulana Kurnia Sandi
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

irfanm@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Rita Purnamasari
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

ritapurnamasari@telkomuniversity.ac.id

3rd Efri Suhartono
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

esuhartono@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini membahas perancangan sistem keamanan pintu asrama pintar berbasis *Internet of Things* (IoT) yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan kontrol akses di lingkungan asrama. Fokus utama penelitian terletak pada aspek desain integrasi perangkat keras dan sistem secara menyeluruh, mulai dari unit pemrosesan, modul pengendali pintu, hingga sensor pendeteksi keberadaan. Sistem dirancang menggunakan Raspberry Pi sebagai pusat kendali, yang terhubung dengan kamera, relay, sensor gerak (PIR), layar informasi (LCD), dan pengunci pintu elektronik (*solenoid door lock*). Seluruh perangkat keras dirakit dalam satu kesatuan yang kompak, ergonomis, dan fungsional, ditempatkan di area pintu masuk asrama. Desain sistem memungkinkan proses pendeteksian penghuni secara otomatis, pengendalian kunci pintu secara elektronik, serta pemantauan akses secara *real-time* dari jarak jauh. Hasil perancangan menunjukkan bahwa sistem memiliki struktur modular dan fleksibel, sehingga dapat dengan mudah diterapkan pada berbagai tipe pintu asrama. Dengan pendekatan desain yang terintegrasi dan berbasis otomatisasi, sistem ini diharapkan menjadi solusi efektif dan efisien untuk meningkatkan keamanan serta kenyamanan penghuni asrama secara modern dan berkelanjutan.

Kata kunci— Desain Sistem, Keamanan Asrama, *Internet of Things*, *Smart Lock*, Raspberry Pi.

I. PENDAHULUAN

Keamanan akses pintu asrama menjadi kebutuhan penting dalam menciptakan lingkungan tinggal yang aman, efisien, dan terkontrol. Sistem konvensional seperti pencatatan manual dinilai kurang efektif karena rawan penyalahgunaan dan tidak mendukung pemantauan secara *real-time*. Oleh karena itu, sistem keamanan yang bersifat otomatis, *responsive*, dan mudah dipantau dari jarak jauh.

Salah satu pendekatan yang terbukti efektif adalah dengan memanfaatkan teknologi pengenalan wajah. Sistem keamanan dapat dirancang agar hanya merespon citra wajah yang telah terdaftar dalam database, sehingga saat wajah tidak dikenali, pintu tidak akan terbuka [1]. Pendekatan ini mendukung sistem kontrol akses yang lebih aman dengan interaksi manual seminimal mungkin.

Penelitian ini mengembangkan desain sistem keamanan asrama berbasis IoT dengan memanfaatkan Raspberry Pi sebagai pusat kendali yang terintegrasi dengan kamera, sensor PIR, Layar LCD, dan solenoid door lock. Sistem dirancang secara modular, agar dapat diterapkan secara fleksibel di pintu asrama dan mendukung pengawasan secara *real-time*.

II. KAJIAN TEORI

A. Jaringan

Internet of Things (IoT) adalah konsep di mana berbagai perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet untuk mengumpulkan, bertukar, dan memproses data secara otomatis tanpa memerlukan interaksi manusia secara langsung. Perangkat dalam ekosistem IoT dilengkapi dengan sensor, aktuator, serta modul komunikasi untuk memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh secara *real-time* [2]. IoT memanfaatkan berbagai teknologi komunikasi nirkabel seperti wifi dan jaringan seluler untuk menghubungkan perangkat ke internet melalui stasiun pemancar [3]. Dengan konsep ini, sistem keamanan asrama pintar dapat dirancang menggunakan perangkat seperti Raspberry Pi untuk menghadirkan kontrol akses otomatis.

B. Raspberry Pi 5

Raspberry Pi 5 adalah computer mini satu papan dari Raspberry Pi Foundation yang menawarkan peningkatan performa yang signifikan dibandingkan generasi sebelumnya. Ditenagai prosesor Broadcom BCM2712 quad-core ARM Cortex-A76 64-bit hingga 2.4 GHz dan RAM LPDDR4X hingga 8GB [4]. Perangkat ini mendukung berbagai aplikasi modern, termasuk *Internet of Things* (IoT), pengolahan citra digital, dan kecerdasan buatan (AI) [5]. Peningkatan ini memungkinkan Raspberry Pi 5 menjalankan model pengenalan wajah secara *real-time*, terutama dengan optimasi seperti *frame resizing*, *mode grayscale*, dan *multi-threading* untuk mengatasi keterbatasan sumber daya dan kebutuhan respons cepat tanpa bergantung pada server eksternal [6]. Selain itu, perangkat ini kompatibel dengan

berbagai sistem operasi, terutama Raspberry Pi OS, serta mendukung bahasa pemrograman Python yang umum digunakan dalam pengembangan sistem cerdas.

C. Sensor PIR (*Passive Infrared*)

Sensor PIR adalah sensor yang mendeteksi gerakan dari pancaran inframerah tubuh manusia, dan saat ada perubahan suhu dalam jangkauan, sensor memicu sinyal aktivitas [7]. Sensor ini bekerja pada panjang gelombang 8–14 mikrometer, dengan tubuh manusia memancarkan sekitar 9,4 mikrometer [8]. Dalam sistem keamanan, sensor PIR digunakan mendeteksi penghuni.

D. Solenoid Door Lock

Solenoid door lock merupakan kunci otomatis yang dikendalikan mikrokontroler dan bekerja pada tegangan 12V. Arus listrik pada kumparan membentuk medan magnet yang menarik inti besi, menggerakkan mekanisme kunci sesuai perintah dan umumnya tersedia dalam dua tipe: *Normally Close* (NC) dan *Normally Open* (NO) [9], [10]. Pada sistem keamanan pintar, solenoid dikendalikan oleh mikrokontroler seperti Raspberry Pi melalui modul *relay* untuk membuka atau mengunci pintu secara otomatis. Komponen ini sangat cocok diintegrasikan dengan sistem otentikasi seperti pengenalan wajah.

E. Relay

Relay adalah saklar elektromekanis yang bekerja menggunakan prinsip elektromagnet untuk menggerakkan kontak saklar. Dengan arus listrik kecil, relay mampu mengendalikan tegangan dan arus yang lebih besar [11], [12]. Dalam sistem keamanan pintu asrama pintar, relay digunakan untuk mengatur aliran listrik dari Raspberry Pi menuju *solenoid door lock*, sehingga pintu dapat terbuka atau tertutup secara otomatis sesuai perintah sistem.

F. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah media tampilan yang menggunakan kristal cair untuk menampilkan teks, angka, atau simbol. LCD 16x2 memiliki 16 kolom dan 2 baris karakter [13]. Dalam sistem keamanan pintu asrama pintar, LCD digunakan untuk menampilkan status sistem secara real-time, seperti “Akses Diterima” atau “Akses Ditolak”.

F. Kamera

Kamera *webcam* merupakan perangkat input optik yang berfungsi menangkap gambar atau video secara *real-time* dan mengubahnya menjadi data digital untuk diproses oleh komputer atau mikrokontroler. *Webcam* biasanya terhubung melalui antarmuka USB dan memiliki resolusi serta kecepatan frame yang bervariasi tergantung spesifikasi [14]. *Webcam* eksternal menawarkan instalasi dan sudut pengambilan gambar yang fleksibel, serta kompatibilitas *plug-and-play* tanpa memerlukan pengaturan *driver* tambahan, sehingga menjadi alternatif praktis dibanding *Pi Camera* terintegrasi [15]. Dalam sistem keamanan pintu asrama pintar, kamera *webcam* digunakan untuk menangkap citra wajah pengguna yang berada di depan pintu. Data citra ini kemudian diproses oleh Raspberry Pi menggunakan algoritma deteksi dan pengenalan wajah untuk menentukan apakah akses akan diberikan atau ditolak.

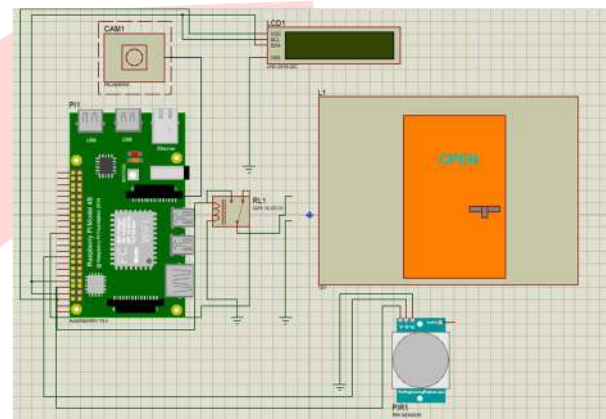
III. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini difokuskan pada perancangan dan implementasi sistem smart dorm lock.

A. Perancangan Sistem

Sistem ini dirancang dengan Raspberry Pi 5 sebagai komponen utama yang berfungsi pusat kendali untuk keseluruhan proses keamanan pintu asrama. Raspberry Pi 5 terhubung langsung dengan kamera untuk menangkap citra wajah, sensor PIR untuk mendeteksi kehadiran penghuni, serta solenoid door lock sebagai aktuatur untuk membuka dan menutup pintu.

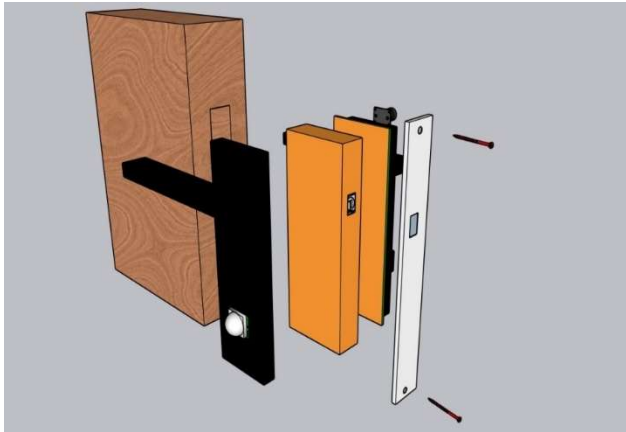
B. Skematik Sistem



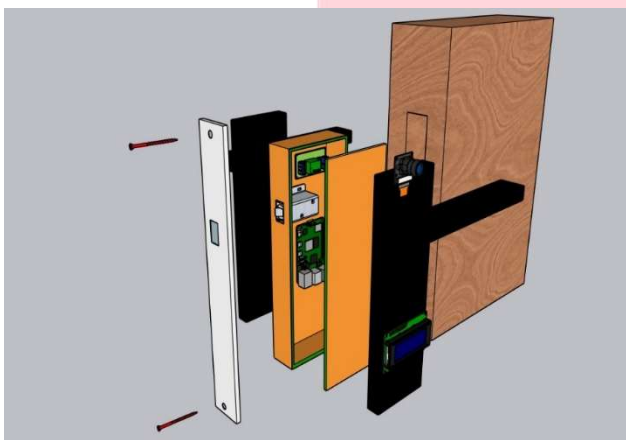
GAMBAR 1
Desain skematik sistem

Pada gambar 1 merupakan gambaran rangkaian *hardware* yang saling terhubung. Raspberry Pi 5 berfungsi sebagai inti pengendali utama yang menghubungkan dan mengatur komunikasi antara semua perangkat. Raspberry Pi mengontrol kamera yang berfungsi untuk mengambil gambar wajah pengguna yang terdeteksi. Hasil deteksi wajah ini dapat diproses untuk membuka kunci pintu. Relay pada rangkaian ini dihubungkan ke Raspberry Pi untuk mengendalikan daya ke *solenoid door lock*. Ketika wajah terverifikasi, Raspberry Pi akan mengaktifkan relay sehingga arus mengalir ke *solenoid*, membuat pintu terbuka. Selain itu, terdapat sensor PIR yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan orang di dalam ruangan. Sensor PIR terhubung ke Raspberry Pi untuk memberikan sinyal input, sehingga ketika seseorang ingin keluar ruangan, sistem dapat secara otomatis membuka kunci pintu tanpa perlu verifikasi wajah ulang. LCD pada rangkaian dihubungkan melalui jalur I2C (SDA & SCL) ke Raspberry Pi. LCD ini berfungsi untuk menampilkan status sistem, seperti instruksi saat pendaftaran wajah, maupun notifikasi lain. Secara keseluruhan, pada desain skematik ini juga terlihat jalur kabel power supply dan jalur koneksi data antara setiap komponen, menunjukkan bagaimana Raspberry Pi menjadi pusat pengendali terintegrasi untuk kamera, *relay*, *solenoid lock*, sensor PIR, dan LCD. Dengan rangkaian ini, sistem keamanan pintu dapat bekerja secara otomatis dan efisien.

C. Desain smart dorm lock 3D



GAMBAR 2
Desain smart dorm lock 3d



GAMBAR 3
Desain smart dorm lock 3d tampak depan

Gambar 2 dan 3 merupakan elemen-elemen yang menyusun alat yang dikembangkan untuk mendeteksi dan membandingkan wajah yang ada di *database* dan memberikan perintah *solenoid door lock*. Sistem ini memiliki beberapa perangkat yang penting, seperti mikrokontroler yang mampu menghubungkan seluruh alat elektronik agar dapat berkomunikasi satu sama lain, kamera yang bisa dipergunakan untuk merekam dan mengambil gambar, selain itu terdapat sensor yang mampu mendeteksi kehadiran seseorang dalam jarak tertentu yaitu sensor PIR, dan *solenoid door lock* yang dapat mengendalikan kunci secara otomatis dengan menerima sinyal dari *relay*.

D. Implementasi Sistem

Realisasi sistem setelah seluruh proses perancangan selesai, dengan tujuan untuk memastikan bahwa setiap komponen yang telah dirancang baik perangkat keras maupun perangkat lunak dapat bekerja secara terpadu dan sesuai dengan tujuan sistem *smart dorm lock*, yaitu menghadirkan keamanan pintu asrama otomatis, efisien, dan dapat diandalkan.

Alat ini terdiri dari beberapa komponen utama, dengan Raspberry Pi 5 sebagai pusat kendali sistem. Sistem dirancang untuk mengelola proses keamanan pintu asrama secara otomatis dengan menggabungkan perangkat keras seperti sensor PIR, kamera, modul *relay*, dan *solenoid door*

lock, serta didukung oleh perangkat lunak berbasis Python dan *Firestore Realtime Database*.

Cara kerja sistem dimulai saat pendeteksian diaktifkan. Sinyal tersebut memicu kamera yang terhubung ke Raspberry Pi untuk mengambil citra wajah. Data wajah diproses menggunakan skrip Python dengan algoritma MTCNN (untuk deteksi wajah) dan *FaceNet* (untuk pencocokan identitas). Jika wajah dikenali, Raspberry Pi akan mengaktifkan modul *relay* untuk membuka *solenoid door lock*.

Sistem juga dilengkapi layar LCD untuk menampilkan status akses secara *real-time* seperti “Akses Diterima” atau “Akses Ditolak”. Semua log aktivitas dan data pengguna disimpan dan dikelola di *Firestore*.

Berikut Adalah penjelasan singkat tentang komponen-komponen yang digunakan:

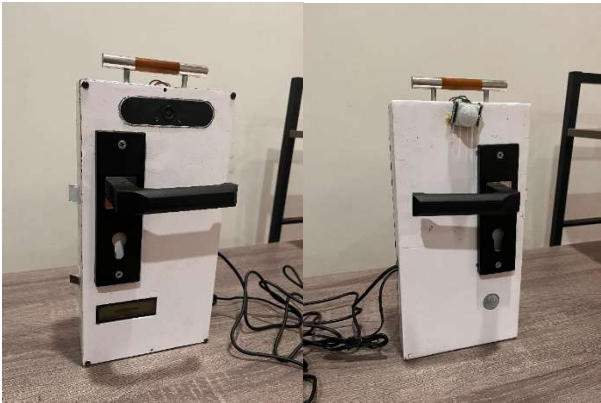
1. Raspberry Pi 5: Raspberry bertindak sebagai pusat kendali sistem, menjalankan proses pengenalan wajah dan mengontrol seluruh alur kerja perangkat keras melalui program Python.
2. Sensor PIR: Sensor mendeteksi keberadaan penghuni di sekitar perangkat.
3. Kamera: Kamera digunakan untuk mengambil citra wajah penghuni kemudian di proses oleh Raspberry Pi
4. *Relay*: *Relay* berfungsi mengatur aliran listrik ke solenoid door lock berdasarkan sinyal dari Raspberry Pi
5. *Solenoid Door Lock*: Berfungsi sebagai pengunci otomatis yang terbuka dan tertutup sesuai perintah sistem
6. LCD Display: Display menampilkan status sistem seperti proses identifikasi atau hasil verifikasi wajah penghuni
7. *Power supply*: *Power supply* memberikan daya 5V ke Raspberry Pi 5 dan 12V ke aktuator melalui modul relay.



GAMBAR 4
Instalasi sistem operasi Raspberry Pi

Gambar 4 merupakan proses awal dari instalasi sistem operasi pada Raspberry Pi yang menjadi langkah dasar dan diikuti oleh instalasi pustaka Python seperti OpenCV untuk pemrosesan gambar, MTCNN untuk deteksi wajah, *Facenet* untuk pengenalan wajah, dan *firebase* untuk koneksi *real-time database*. Pemrograman dikembangkan untuk mengatur alur kerja yaitu mendeteksi gerakan, menangkap gambar wajah, memverifikasi wajah, mengaktifkan kunci jika sesuai.

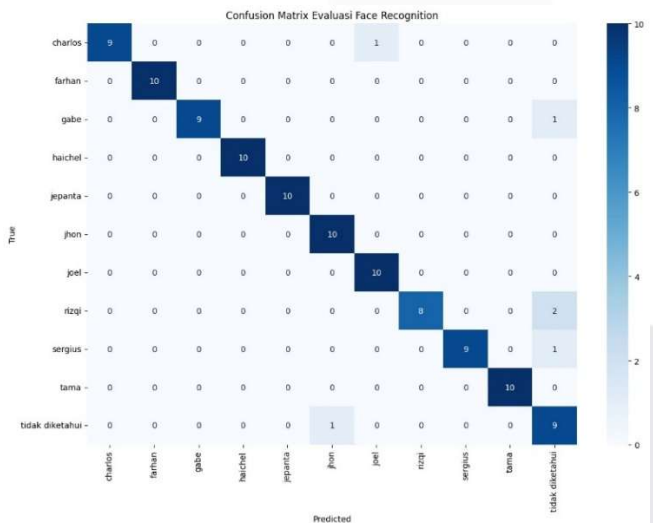
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN



GAMBAR 5
Sistem smart dorm lock

Gambar 5 menunjukkan bentuk fisik dari sistem *Smart Dorm Lock* yang telah selesai dirancang dan diimplementasikan. Sistem ini terdiri dari berbagai komponen perangkat keras yang terintegrasi dalam satu unit yang kompak dan ergonomis untuk dipasang pada pintu asrama.

Pengujian perangkat IoT bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh sistem telah terintegrasi dengan baik dan berfungsi secara optimal. Hal ini dilakukan agar sistem siap digunakan untuk memantau lingkungan asrama yang mendukung keamanan dan kenyamanan.



GAMBAR 6
Confusion Matrix

Gambar 6 merupakan hasil *confusion matrix* diatas, sistem *face recognition* menunjukkan performa yang sangat baik dengan mayoritas gambar berhasil dikenali dengan benar. Dari 10 identitas pengguna dan 1 kelas tidak diketahui, sebagian besar klasifikasi berada di diagonal utama, menandakan prediksi akurat. Identitas seperti Farhan, Haichel, Jepanta, Jhon, Joel, dan Tama mencapai akurasi 100%, sedangkan Charlos, Gabe, Rizqi, dan Sergius mengalami sedikit kesalahan klasifikasi. Sistem juga berhasil mendeteksi wajah asing dan mengklasifikasikannya sebagai tidak diketahui dengan baik. Hasil ini menunjukkan bahwa

sistem cukup andal dalam mengenali wajah dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
charlos	1.00	0.90	0.95	10
farhan	1.00	1.00	1.00	10
gabe	1.00	0.90	0.95	10
haichel	1.00	1.00	1.00	10
jepanta	1.00	1.00	1.00	10
jhon	0.91	1.00	0.95	10
joel	0.91	1.00	0.95	10
rizqi	1.00	0.80	0.89	10
sergius	1.00	0.90	0.95	10
tama	1.00	1.00	1.00	10
tidak diketahui	0.69	0.90	0.78	10
accuracy			0.95	110
macro avg	0.96	0.95	0.95	110
weighted avg	0.96	0.95	0.95	110

GAMBAR 7
Hasil evaluasi model

Gambar 7 menunjukkan bahwa sistem *face recognition* memiliki performa yang sangat baik dengan akurasi mencapai 95% dari total 110 data uji. Nilai rata-rata *precision*, *recall*, dan *f1-score* masing-masing sebesar 0.96, 0.95, dan 0.95, menandakan tingkat pengenalan yang tinggi. Sebagian besar identitas dikenali dengan sempurna, namun beberapa seperti charlos, gabe, dan rizqi mengalami sedikit penurunan recall. Label tidak diketahui juga menunjukkan *precision* yang masih perlu ditingkatkan. Secara keseluruhan, sistem cukup andal namun tetap perlu perbaikan pada pengenalan wajah yang sulit dikenali.

TABEL 1
Hasil pengujian sensor PIR

No	Jarak	V= Terdeteksi X= Tidak Terdeteksi										Total
		Percobaan										
		Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6	Ke-7	Ke-8	Ke-9	Ke-10	
1.	0-50 Cm	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	10
2.	50-100 Cm	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	10
3.	100-150 Cm	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	10
4.	150-200 Cm	V	V	V	V	V	V	V	X	V	V	9
5.	200-250 Cm	V	V	V	V	V	V	V	V	V	X	9
6.	250-300 Cm	V	V	V	X	V	V	X	V	V	X	7
Rata-rata												55

Berdasarkan tabel 1, dapat disimpulkan bahwa sensor PIR (*Passive Infrared*) memiliki tingkat keberhasilan deteksi yang sangat baik pada jarak 0–150 cm, dengan akurasi deteksi mencapai 100% pada tiga kategori jarak tersebut. Namun, mulai dari jarak 150–200 cm, performa sensor mulai menurun sedikit, dengan hanya 9 dari 10 percobaan berhasil. Penurunan ini terus berlanjut pada jarak 200–250 cm dengan jumlah deteksi yang sama (9 kali), dan

semakin terlihat pada jarak 250–300 cm dengan hanya 7 kali terdeteksi dari 10 percobaan.

Secara keseluruhan, dari 60 percobaan pada enam rentang jarak berbeda, terdapat 55 keberhasilan deteksi, menghasilkan rata-rata akurasi sebesar 91,6%. Penurunan akurasi ini kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan jangkauan efektif sensor PIR dalam mendeteksi perubahan sinyal inframerah yang dipancarkan oleh tubuh manusia pada jarak yang lebih jauh. Selain itu, faktor lingkungan seperti suhu ruangan, arah pergerakan objek terhadap sensor, serta kecepatan gerakan juga dapat memengaruhi tingkat deteksi sensor pada jarak yang lebih besar. Dengan demikian, sensor PIR sangat efektif digunakan dalam jarak pendek hingga menengah, namun performanya mulai menurun pada jarak di atas 200 cm.

V. KESIMPULAN

Hasil evaluasi klasifikasi menggunakan *confusion matrix* menunjukkan rata-rata nilai presisi 96%, recall 95%, dan F1-score 95%, bahkan beberapa kelas mencapai performa sempurna. Namun, beberapa kelas seperti Rizqi, Sergius, dan Gabe mengalami penurunan *recall* karena penggunaan masker yang menutupi sebagian area wajah, sehingga beberapa wajah tidak terdeteksi dengan benar dan masuk ke kategori tidak diketahui. Hal ini menjadi catatan penting bahwa aksesori tambahan seperti masker dapat memengaruhi akurasi deteksi wajah. Pengujian sensor PIR menunjukkan tingkat deteksi rata-rata sebesar 91,6% pada rentang jarak 0–300 cm, yang berarti sensor dapat mendeteksi gerakan dengan baik.

REFERENSI

- [1] Muhammad Ikhlasul, Rita Purnamasari, Efri Suhartono. 2024. "Penerapan Metode Histogram Oriented of Gradients Dan Haar Cascad Pada Pintu Asrama Pintar Telkom University." Paper. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Telkom: Bandung.
- [2] Kusumawardhana, A., & Puspitasari, R. (2020). "Design of Water Quality Monitoring System Based on IoT." *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology (IJERAT)*, 6(6), 45–50.
- [3] J. K. Parmar and A. Desai, "IoT: Networking technologies and research challenges," *International Journal of Computer Applications*, vol. 154, no. 7, pp. 1–6, 2016.
- [4] Raspberry Pi Foundation. (2023). Raspberry Pi 5 Hardware Overview. <https://www.raspberrypi.com/>
- [5] Suyatno, & Prasetyo, E. D. (2017). "Implementasi Raspberry Pi untuk rancang bangun sistem monitoring dan kontrol jarak jauh pada miniatur greenhouse berbasis IoT." *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 4(1).
- [6] King, D. E. (2015). "Dlib-ml: A Machine Learning Toolkit." *Journal of Machine Learning Research*, 16, 1239–1244.
- [7] A. S. Fadillah and P. Purwanto, "Prototipe Keamanan Rumah Menggunakan ESP32 Cam dan Sensor PIR Berbasis Android," *Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 1, pp. 1129–1136, 2022.
- [8] Salamena, G. A., Talapessy, R., Loupatty, G., Kelibulin, J. R., & Salamena, V. (2024). "Implementasi Sensor Gerak (PIR) sebagai Detektor Gerakan Manusia dalam Ruang." *INNOVATIVE: Journal of Social Science Research*, 4(2), 9342–9351.
- [9] Hazarah, A. (2019). "Rancang bangun smart door lock menggunakan QR code dan solenoid." *Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan*, 4(1), 5–10
- [10] Diah Aryani, Dedy Iskandar, Fitri Indriyani. (2018). "Perancangan Smart Door Lock Menggunakan Voice Recognition Berbasis Raspberry Pi 3." *Jurnal CERITA*, Vol 4 No 2, Agustus 2018. ISSN: 2461-1417.
- [11] Galco, "How Relays Work | Relay diagrams, relay definitions and relay types," Galco. 2021.
- [12] Dickson Kho, "Pengertian Relay dan Fungsi Relay," *Teknik Elektronika*. 2020.
- [13] Hambali, A., Pranata, A., & Setiawan, F. (2021). "Perancangan Prototype Alat Ukur Jarak Aman Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Ampere*," 6(2), 93–102.
- [14] Nugraha, E. P., Wahyudi, A., & Riadi, I. (2025). "Pengujian Pengenalan Wajah Real-Time dengan DLIB pada Raspberry Pi 5." *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)*, 11(1), 73–82.
- [15] Pandey, S., & Gupta, A. (2021). Comparative Performance Evaluation of USB and Pi Cameras for Edge AI Applications. *Journal of Embedded Systems and Applications*, 8(2), 55–61.