



Pengaruh Jarak dan Kecerahan terhadap Waktu Respons Alat Simulasi Sistem Keamanan Kendaraan Berbasis Pengenalan Wajah

Shafiyullah Aldiyanki^{1*}, Santoso²

¹⁻² Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Alamat: Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Lowokwaru, Kota Malang

Korespondensi penulis: shafiyullahaldiyanki@gmail.com*

Abstract. *The rise in motor vehicle theft cases in various regions indicates the weakness of the security systems implemented by most users. Systems such as manual locks and alarms often fail to prevent crime, either because they are easily hacked conventionally or due to user negligence in their operation. In today's technological era, a system is needed that is not only secure, but also intelligent and practical. One promising solution is the implementation of a facial recognition-based security system. This study aims to design and test a vehicle security simulation system using facial recognition technology integrated with Arduino Uno and MATLAB. This system utilizes a laptop camera to capture the user's facial image, then performs a detection and verification process using the FaceNet algorithm. If the face is recognized and verified with data stored in the database, the Arduino will activate the actuator components in the form of a DC motor to simulate starting the engine, and a servo motor to simulate opening the vehicle door. This study uses a quantitative experimental approach to analyze the effect of variations in distance (30, 40, and 50 cm) and lighting brightness levels (10–20, 21–30, and 31–40 lux) on the system's response time. A total of 27 combinations of conditions were tested, and the data obtained were analyzed using Microsoft Excel and ANOVA tests in Minitab software. The results of the analysis showed that the optimal response time was obtained at a distance of 40 cm with a medium level of illumination (21–30 lux). In addition, both distance, brightness, and the interaction between the two factors were shown to have a significant effect on the system's response time ($P\text{-Value} < 0.05$). These findings indicate that the system is quite sensitive to environmental changes, so further testing is highly recommended, especially to measure the actual delay, the detection error rate, and the development of a more robust face detection algorithm so that the system can be used reliably in various lighting conditions and face capture angles in the real world.*

Keywords: *Biometric Authentication, Facial Recognition, IoT, Response Time, Vehicle Security Systems.*

Abstrak. Maraknya kasus pencurian kendaraan bermotor di berbagai wilayah menunjukkan masih lemahnya sistem keamanan yang diterapkan oleh sebagian besar pengguna. Sistem konvensional seperti kunci manual dan alarm sering kali gagal mencegah tindak kejahatan, baik karena mudah dibobol maupun karena kelalaian pengguna dalam pengoperasiannya. Dalam era teknologi saat ini, dibutuhkan sistem yang tidak hanya aman, tetapi juga cerdas dan praktis. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah penerapan sistem keamanan berbasis pengenalan wajah. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem simulasi keamanan kendaraan menggunakan teknologi pengenalan wajah yang terintegrasi dengan Arduino Uno dan MATLAB. Sistem ini memanfaatkan kamera laptop untuk menangkap citra wajah pengguna, kemudian melakukan proses deteksi dan verifikasi menggunakan algoritma FaceNet. Jika wajah dikenali dan terverifikasi dengan data yang tersimpan di database, maka Arduino akan mengaktifkan komponen aktuator berupa motor DC sebagai simulasi penghidupan mesin, serta motor servo sebagai simulasi pembukaan pintu kendaraan. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen kuantitatif untuk menganalisis pengaruh variasi jarak (30, 40, dan 50 cm) serta tingkat kecerahan pencahayaan (10–20, 21–30, dan 31–40 lux) terhadap waktu respons sistem. Sebanyak 27 kombinasi kondisi diuji, dan data yang diperoleh dianalisis menggunakan Microsoft Excel dan uji ANOVA pada software Minitab. Hasil analisis menunjukkan bahwa waktu respons optimal diperoleh pada jarak 40 cm dengan tingkat pencahayaan sedang (21–30 lux). Selain itu, baik faktor jarak, kecerahan, maupun interaksi antara keduanya terbukti memiliki pengaruh yang signifikan terhadap waktu respons sistem ($P\text{-Value} < 0,05$). Temuan ini menunjukkan bahwa sistem cukup sensitif terhadap perubahan lingkungan, sehingga pengujian lanjutan sangat disarankan, terutama untuk mengukur delay aktual, tingkat kesalahan deteksi, serta pengembangan algoritma deteksi wajah yang lebih tangguh agar sistem dapat digunakan secara andal dalam berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pengambilan wajah di dunia nyata.

Kata kunci: Autentikasi Biometrik, IoT, Pengenalan Wajah, Sistem Keamanan Kendaraan, Waktu Respons.

1. LATAR BELAKANG

Seiring dengan pesatnya perkembangan zaman dan peningkatan signifikan dalam jumlah kendaraan bermotor sebagai sarana transportasi, kasus pencurian kendaraan bermotor mengalami lonjakan yang mengkhawatirkan (Alam & Jayadi, 2021). Kerentanan sistem keamanan bawaan pabrik, kelalaian pemilik kendaraan, serta minimnya pengawasan menjadi faktor pendorong utama maraknya aksi pencurian (Tsauri & Efendi, 2019), bahkan di area yang sebelumnya dianggap aman (Khoiri dkk., 2022). Sistem keamanan konvensional, seperti alarm dan *immobilizer*, terbukti memiliki kelemahan mendasar karena tidak mampu membedakan antara pemilik sah dan pelaku pencurian (Mira dkk., 2021), sementara kunci konvensional rentan terhadap upaya pembobolan (Sinaga dkk., 2022). Teknologi *smart key* seperti *keyless* menawarkan peningkatan keamanan, namun penggunaannya masih terbatas pada model kendaraan tertentu dan belum sepenuhnya dianggap praktis oleh sebagian pengguna (Aryatama & Samsugi, 2023).

Salah satu inovasi yang menarik perhatian yaitu penggunaan teknologi pengenalan wajah sebagai sistem keamanan kendaraan. Sistem ini bekerja dengan memvalidasi wajah pemilik yang terdaftar melalui kamera, sehingga hanya pemilik sah yang dapat menghidupkan kendaraan (Mira dkk., 2021). Pengenalan wajah menawarkan metode yang aman, cepat, praktis, dan tanpa kontak fisik, meningkatkan kenyamanan dan keamanan pengguna secara signifikan, seperti dalam mekanisme pengunci otomatis berbasis pengenalan wajah (D.Neje dkk., 2024). Keamanan pintu mobil juga menjadi perhatian utama, mengingat perannya sebagai pelindung benturan dari luar (Shitole & Behera, 2024). Sistem pengunci pintu yang canggih, yang dirancang untuk memberikan peringatan kepada pengemudi mengenai kondisi di sekitarnya (Krishnan dkk., 2018), menjadi komponen penting dalam menjaga keamanan kendaraan.

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa jarak dan pencahayaan berpengaruh signifikan terhadap akurasi dan respons sistem pengenalan wajah. Temuan dari (Marzuki dkk., 2023; Mira dkk., 2021; Saputra dkk., 2019) menegaskan pentingnya jarak optimal, intensitas cahaya, serta penggunaan *database* wajah untuk meningkatkan keamanan kendaraan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem pengenalan wajah terintegrasi dengan pengendalian aktuator kendaraan menggunakan *Haar Cascade Classifier* dan *FaceNet* melalui GUI MATLAB yang terhubung dua arah dengan Arduino Uno. Sistem dilengkapi fitur reset, alarm, dan notifikasi intrusi, serta mengkaji pengaruh jarak dan kecerahan terhadap waktu respons yang belum banyak dibahas sebelumnya.

Penelitian ini mengembangkan sistem keamanan kendaraan berbasis pengenalan wajah yang tidak hanya meningkatkan aspek keamanan, tetapi juga berfungsi sebagai media pembelajaran praktis di lingkungan Politeknik Negeri Malang. Sistem dirancang menyerupai kendaraan nyata untuk mendukung pemahaman mahasiswa terhadap integrasi teknologi. Pengujian variasi jarak dan pencahayaan dilakukan guna memperoleh kinerja optimal, sehingga hasilnya diharapkan berkontribusi pada pengembangan teknologi otomotif dan pendidikan vokasi.

2. KAJIAN TEORITIS

Pengenalan wajah adalah teknologi biometrik yang mencocokkan pola wajah dengan data dalam *database*, dan banyak digunakan untuk keamanan, absensi, kontrol akses, serta transaksi berbasis wajah (Aryatama & Samsugi, 2023). Teknologi ini mendukung perangkat modern seperti ponsel pintar dan juga berperan penting dalam identifikasi berdasarkan karakteristik wajah (D.Neje dkk., 2024). Dalam sistem pengenalan wajah, *Haar Cascade Classifier* digunakan untuk mendeteksi wajah secara cepat (Abidin & Syahrir, 2018), sedangkan *FaceNet* mengenali wajah dengan akurat menggunakan sedikit sampel melalui pemetaan ke ruang vektor yang mencerminkan kemiripan wajah (Sari dkk., 2022).

Arduino Uno adalah papan pengembangan didasarkan mikrokontroler pada ATmega 328 yang memiliki 14 digital *input/output* pin (di mana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM) (Santoso & Wijayanto, 2022). Dalam penelitian ini Arduino Uno sebagai penghubung dengan MATLAB untuk menerima sinyal sesuai dengan verifikasi wajah yang digunakan untuk menggerakkan aktuator. Motor DC mengubah energi listrik DC menjadi putaran mekanis melalui interaksi medan magnet. Prinsip kerjanya melibatkan kumparan berarus yang berinteraksi dengan medan magnet stator, dibantu komutator dan sikat untuk menjaga putaran (Arif & Aswardi, 2020). Dalam Penelitian ini motor DC digunakan sebagai simulasi dari mesin kendaraan apabila wajah dikenali. Motor servo ideal untuk kontrol posisi sudut akurat karena menggunakan sistem umpan balik tertutup dan sinyal PWM. Motor ini banyak digunakan dalam proyek elektronika, untuk menggerakkan komponen ke posisi tertentu dengan presisi yang tinggi (Nasution dkk., 2023). Dalam penelitian ini motor servo digunakan sebagai simulasi dari pengunci pintu kendaraan (*doorlock*). *Buzzer* berfungsi sebagai indikator suara yang otomatis aktif saat wajah tidak dikenali, memberikan peringatan sebagai bagian dari sistem keamanan. Komponen ini mengubah sinyal listrik menjadi suara melalui mekanisme piezoelektrik atau elektromagnetik. Prinsip kerjanya menghasilkan suara saat dialiri arus listrik (Hermawan & Abdurrohman, 2020). Dalam penelitian ini *buzzer* digunakan sebagai simulasi

alarm pada kendaraan apabila wajah tidak dikenali. *Driver motor* L298N menghubungkan mikrokontroler ke motor DC, memungkinkan pengaturan arah dan kecepatan. Modul ini menggunakan dua jembatan-H untuk memperkuat arus kecil dari mikrokontroler menjadi arus yang dibutuhkan motor (Muttaqin & Santoso, 2021). Dalam penelitian ini *driver motor* L298N digunakan untuk mengendalikan dan mengatur motor DC seperti mengaktifkan dan memutus arus sesuai dengan verifikasi wajah yang dihasilkan oleh MATLAB.

Database adalah kumpulan data terstruktur yang disimpan secara rapi agar mudah digunakan oleh satu atau lebih aplikasi dan independen dari program tertentu, sehingga memudahkan penyimpanan, pengambilan, dan pengelolaan data secara aman dan teratur, layaknya lemari arsip digital (Dirgantara dkk., 2023). MATLAB (*Matrix Laboratory*) adalah aplikasi pengolah data numerik berbasis matriks sekaligus bahasa pemrograman tingkat tinggi yang mudah dipahami (Rosita & Sugianto, 2018). Fitur GUI (*Graphical User Interface*) memudahkan visualisasi output dan mempermudah interaksi antara pengguna dan sistem (Utama dkk., 2023). Arduino IDE adalah aplikasi pengembang perangkat Arduino dan ESP32 yang mempermudah penulisan, kompilasi, dan unggah kode C/C++ ke mikrokontroler secara otomatis. Popularitasnya didukung oleh sifat *open-source*, kompatibilitas tinggi, dan kemudahan penggunaan bagi pemula (Santoso & Wijayanto, 2022); (Kamal dkk., 2023).

3. METODE PENELITIAN

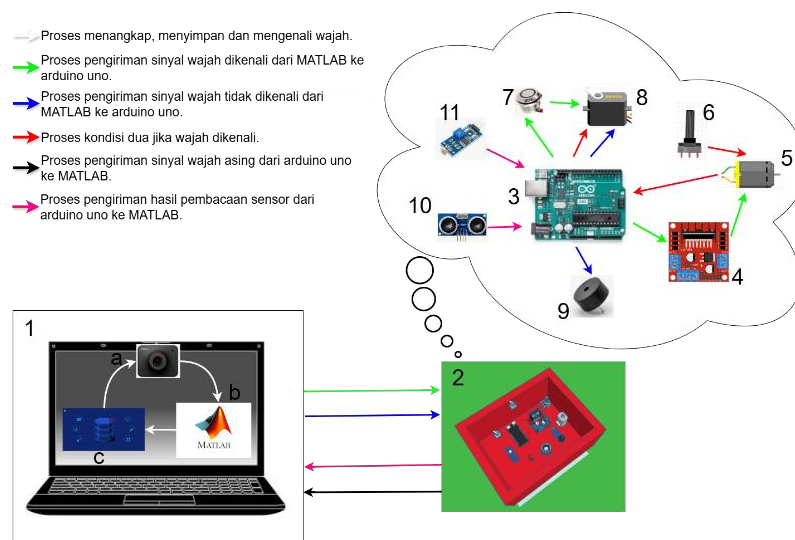
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan kuantitatif melalui simulasi untuk memahami dan mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat, serta terdapat variabel terkontrol yang dijaga konstan selama penelitian untuk memastikan perubahan yang terjadi pada variabel terikat hanya disebabkan oleh variabel bebas.

Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini eksperimen yang dilakukan menggunakan variabel bebas yakni variasi jarak 30, 40, dan 50 cm dan variasi tingkat kecerahan 10-20, 21-30, dan 31-40 lux. Variabel terikat pada penelitian ini yakni waktu respons alat. Variabel terkontrol pada penelitian ini yakni pengujian dilakukan di dalam ruangan dengan perangkat keras dan lunak yang konsisten, koneksi stabil, kondisi subjek tanpa aksesoris wajah, serta pengambilan data dilakukan pada hari yang sama untuk meminimalkan pengaruh perubahan lingkungan. Di bawah ini merupakan *setting* peralatan pengujianya.

Setting Peralatan

Sistem ini dirancang untuk menguji pengenalan wajah sebagai pengontrol simulasi kendaraan. Proses diawali dari laptop dengan kamera dan MATLAB yang mendeteksi serta mencocokkan wajah dengan *database*. Jika wajah dikenali, MATLAB mengirim sinyal ke Arduino Uno melalui komunikasi serial. Arduino Uno kemudian mengaktifkan aktuator, termasuk motor DC sebagai simulasi mesin, motor servo untuk pintu, *buzzer* sebagai alarm *intruder*, tombol buka/tutup yang hanya aktif saat wajah dikenali dan kecepatan rendah, serta potensiometer untuk mengatur kecepatan. *Driver motor* L298N digunakan untuk mengontrol motor DC. Sistem juga dilengkapi sensor ultrasonik dan LDR untuk membaca jarak dan pencahayaan, yang hasilnya ditampilkan secara *real-time* di GUI MATLAB. Seluruh perangkat keras terpasang rapi untuk memudahkan pengujian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

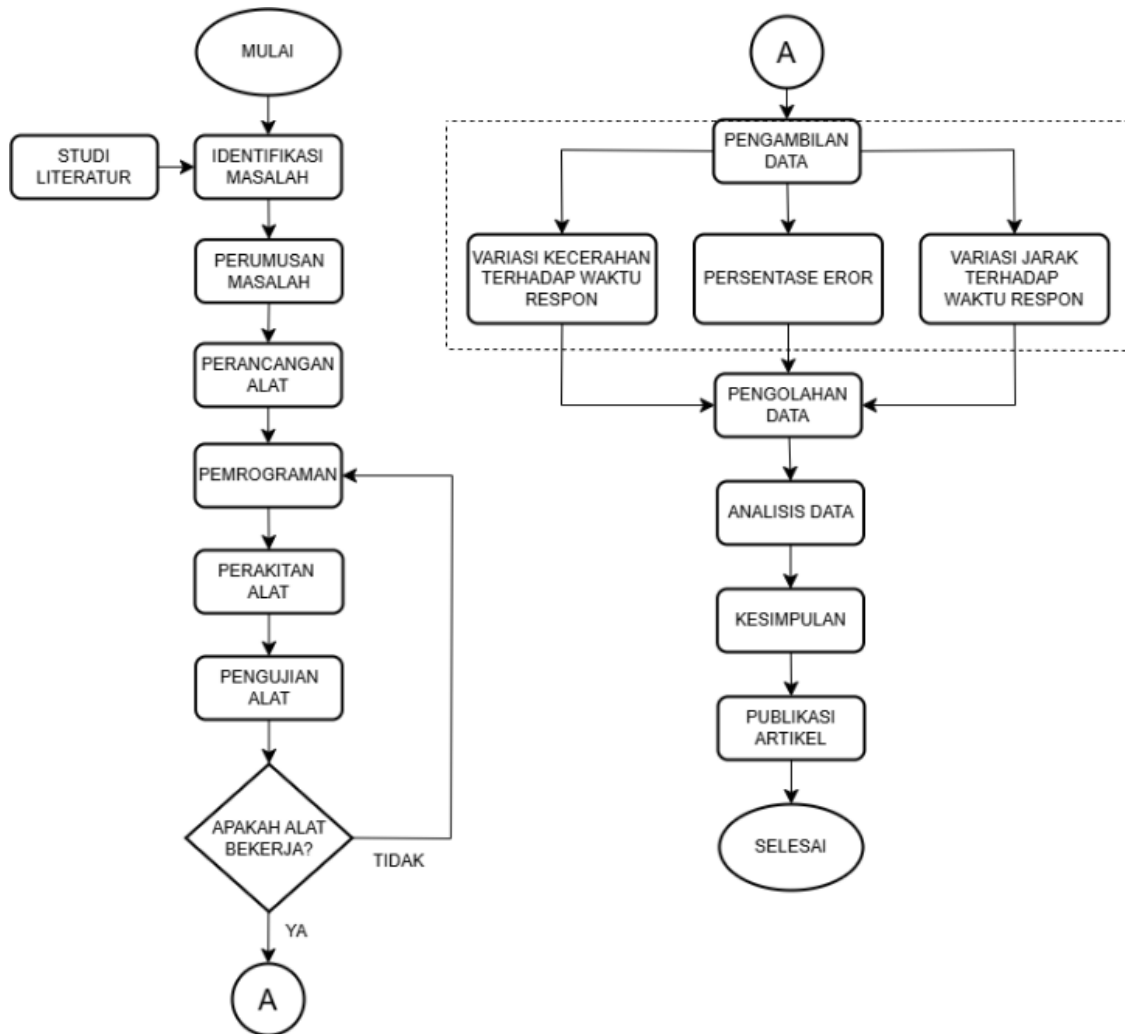


Gambar 1. Setting Peralatan

Proses di laptop, Kamera, MATLAB, Database, Tempat Komponen, Arduino Uno, Driver Motor L298N, Motor DC, Potensiometer Tombol buka/tutup, Motor Servo, Buzzer, Sensor ultrasonik LDR

Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini disusun dengan diagram alir untuk mempermudah proses pengambilan data. Alur penelitian ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 2.

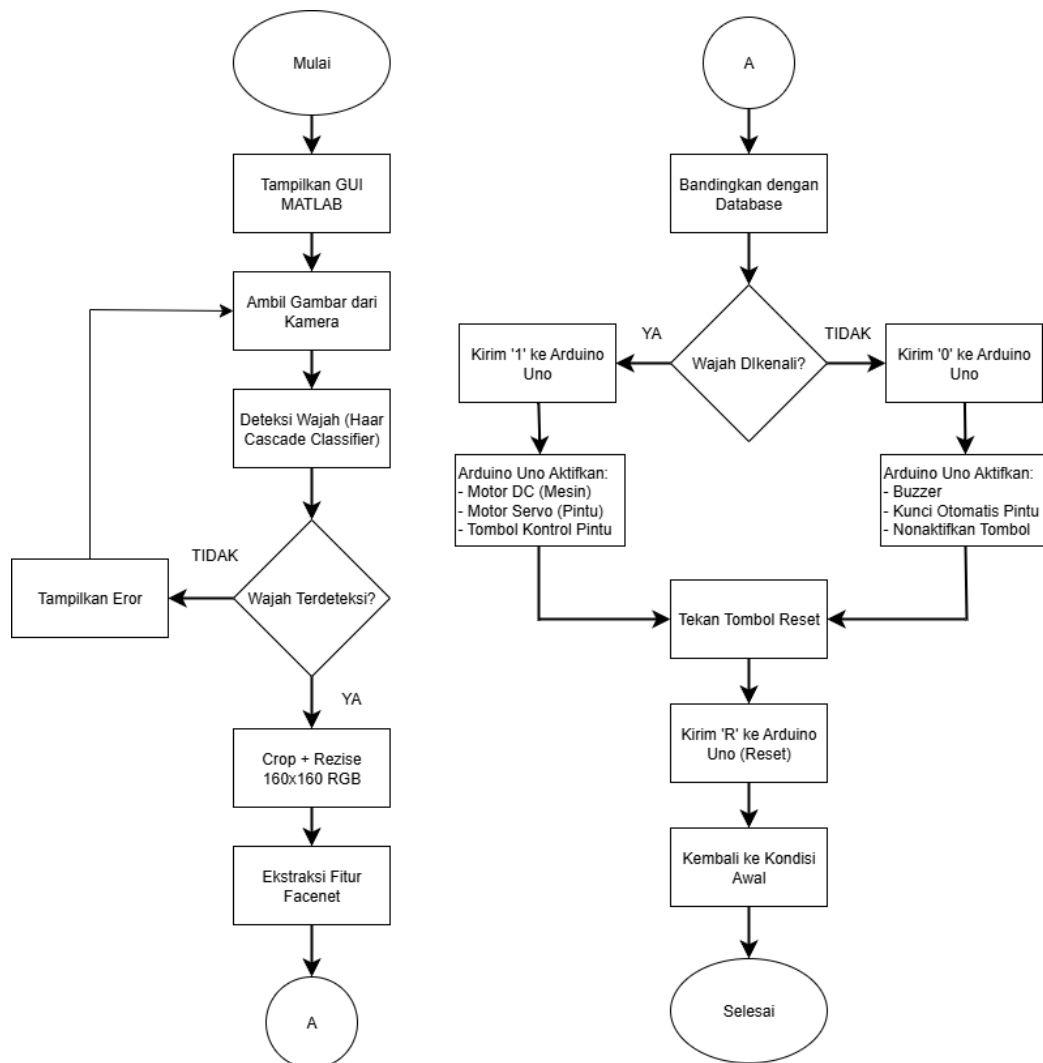


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Pada tahap pemrograman, Arduino IDE dan MATLAB digunakan secara sinergis untuk mengelola logika mikrokontroler, komunikasi modul, dan pengendalian aktuator, guna mendukung proses pengenalan wajah dalam alat simulasi sistem keamanan kendaraan. Pada tahap pengujian, sistem diuji dengan simulasi kondisi nyata penggunaan, yaitu dengan melakukan pengenalan wajah dalam berbagai variasi jarak dan tingkat kecerahan. Pada tahap analisis data, hasil pengujian dianalisis menggunakan *Microsoft Excel* untuk mengubah tampilan tabel menjadi grafik agar mempermudah pembacaan data. Selain itu menggunakan Minitab dengan metode ANOVA (*Analysis of Variance*) untuk mengevaluasi pengaruh jarak dan tingkat kecerahan terhadap waktu respons sistem pengenalan wajah secara statistik, serta pengujian untuk mengetahui interaksi antar dua variabel bebas variasi jarak dan tingkat kecerahan dengan variabel terikat waktu respons alat.

Diagram Alir Sistem

Berikut ini diagram alir sistem yang ditunjukkan pada Gambar 1, disusun untuk mempermudah pemahaman mengenai proses kerja sistem secara logis dan berurutan, yang mencakup tahapan deteksi, pengenalan, pengambilan keputusan, serta eksekusi kendali aktuator dalam simulasi sistem keamanan kendaraan berbasis pengenalan wajah. Diagram alir sistem ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Diagram Alir Sistem

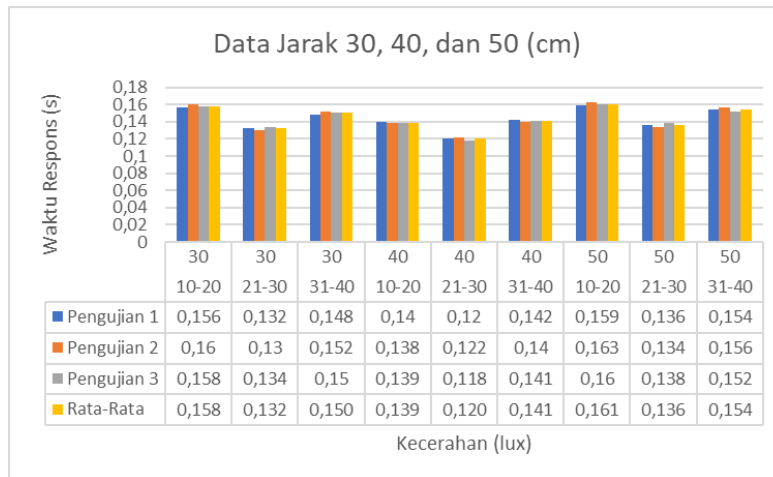
Proses Pengambilan Data

Proses pengambilan data pada penelitian dilakukan di ruangan tertutup dengan pencahayaan dan posisi tetap. Peralatan seperti laptop dengan kamera, sensor ultrasonik, LDR, dan sumber cahaya tambahan disiapkan dan dikalibrasi. Tiga variasi jarak dan tiga tingkat kecerahan digunakan sebagai kombinasi uji. Subjek uji ditempatkan secara stabil, lalu sistem pengenalan wajah diaktifkan, dan waktu respons dicatat dan ditampilkan dalam GUI pada aplikasi MATLAB. Setiap kombinasi diuji tiga kali, menghasilkan total 27 pengujian. Hasilnya

dicatat dalam tabel meliputi jarak, lux, waktu respons, dan rata-rata. Seluruh data disimpan secara digital dan didokumentasikan untuk keperluan analisis.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.



Gambar 4. Grafik Variasi Jarak dan Kecerahan terhadap Waktu Respons

Berdasarkan grafik hubungan antara jarak (cm) pada Gambar 4, tingkat kecerahan (lux), dan waktu respons sistem pengenalan wajah, dapat disimpulkan bahwa waktu respons dipengaruhi oleh kombinasi dari kedua variabel tersebut. Secara umum, sistem menunjukkan performa terbaik pada jarak dan pencahayaan yang berada dalam rentang sedang. Pada jarak 30 cm, waktu respons tertinggi tercatat pada pencahayaan 10–20 lux sebesar 0,158 s, kemudian menurun pada 20–30 lux menjadi 0,132 s, namun kembali meningkat pada 31–40 lux menjadi 0,150 s. Pola serupa terjadi pada jarak 40 cm, di mana waktu respons tercepat tercapai pada 20–30 lux yaitu 0,120 s, sedangkan pada 10–20 lux dan 31–40 lux waktu responsnya berturut-turut 0,139 s dan 0,140 s. Sementara itu, pada jarak 50 cm, waktu respons tertinggi terjadi pada pencahayaan rendah (10–20 lux) sebesar 0,161 s dan menurun menjadi 0,136 s pada 20–30 lux, namun kembali meningkat pada 31–40 lux menjadi 0,154 s. Dari pola ini dapat disimpulkan bahwa jarak optimal untuk pengenalan wajah berada di sekitar 40 cm dengan pencahayaan sedang (20–30 lux), sedangkan kondisi ekstrem seperti jarak terlalu dekat/jauh atau pencahayaan terlalu rendah/terlalu terang menyebabkan meningkatnya waktu respons.

Tabel 1. *Analysis of Variance (ANOVA)**Analysis of Variance*

<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Adj SS</i>	<i>Adj MS</i>	<i>F-Value</i>	<i>P-Value</i>
Jarak	2	0,001427	0,000713	211,69	0,000
Kecerahan	2	0,002754	0,001377	408,60	0,000
Jarak*Kecerahan	4	0,000093	0,000023	6,87	0,002
Error	18	0,000061	0,000003		
Total	26	0,004335			

Berdasarkan hasil uji ANOVA pada Tabel 1, diperoleh bahwa faktor jarak dan kecerahan, serta interaksi antara keduanya, berpengaruh signifikan terhadap waktu respons sistem pengenalan wajah. Faktor kecerahan menunjukkan pengaruh paling dominan dengan nilai F sebesar 408,60 dan *P-Value* 0,000, diikuti oleh faktor jarak dengan nilai F sebesar 211,69 dan *P-Value* 0,000. Sementara itu, interaksi antara jarak dan kecerahan juga signifikan dengan nilai F sebesar 6,87 dan *P-Value* 0,002. Nilai *P-Value* yang $< 0,05$ pada ketiga faktor tersebut mengindikasikan bahwa variasi jarak dan tingkat kecerahan, baik secara individu maupun kombinasi, secara statistik memengaruhi waktu respons sistem. Dengan demikian, kedua faktor tersebut perlu dipertimbangkan secara serius dalam perancangan dan pengujian sistem pengenalan wajah berbasis MATLAB dan Arduino Uno.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Jarak dan tingkat kecerahan memengaruhi waktu respons sistem. Respons tercepat terjadi pada jarak sedang dengan pencahayaan terang yang cukup, sementara kondisi ekstrem seperti jarak terlalu dekat/jauh atau tingkat kecerahan terlalu gelap/terang memperlambat proses karena kualitas citra menurun. Interaksi keduanya juga memperburuk performa, seperti kombinasi jarak terlalu jauh dengan pencahayaan gelap atau jarak terlalu dekat dengan pencahayaan terang menyebabkan meningkatnya waktu respons. Hal ini menunjukkan sensitivitas sistem terhadap faktor lingkungan.

Untuk meningkatkan keandalan sistem, saran yang dapat digunakan sebagai referensi dalam penelitian selanjutnya antara lain: perlu dilakukan pengukuran *delay* aktual, perhitungan persentase eror untuk mencegah *false positive/negative*, serta pengujian di luar ruangan. Selain itu, penambahan data wajah dan penggunaan model lain selain *Facenet* yang dapat mendeteksi wajah lebih akurat.

DAFTAR REFERENSI

- Abidin, S., & Syahrir. (2018). Deteksi wajah menggunakan metode Haar Cascade Classifier berbasis webcam pada MATLAB. *Jurnal Teknologi Elektroika*, 15(1), 21–28. <https://doi.org/10.31963/elekterika.v2i1.2102>
- Alam, S., & Jayadi, M. J. (2021). Sistem aplikasi lokasi keamanan kendaraan menggunakan GPS (Global Position System) berbasis web. *Jurnal Sintaks Logika (JSilog)*, 1(3), 197–203. <https://doi.org/10.31850/jsilog.v1i3.1040>
- Arif, D. T., & Aswardi, M. (2020). Kendali kecepatan motor DC penguat terpisah berbeban berbasis Arduino. *Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional (JTEV)*, 6(2), 33–43. <https://doi.org/10.24036/jtev.v6i2.108395>
- Aryatama, F. A., & Samsugi, S. (2023). Sistem keamanan kendaraan bermotor dengan ESP32 menggunakan kontrol Android. *SMATIKA: STIKI Informatika Jurnal*, 14(1), 167–181. <https://doi.org/10.32664/smatika.v14i01.1267>
- D. Neje, S., Patil, P. G., Gele, D. D., Ubale, M., & Chougule, S. R. (2024). Smart car security system using face recognition. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*, 9(7), 1640–1644. <https://doi.org/10.38124/ijisrt/ijisrt24jul1056>
- Dirgantara, M. R., Syahputri, S., Hasibuan, A., & Nurbaiti. (2023). Pengenalan database management system (DBMS). *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(6), 300–306. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8123019>
- Hafidly, A. P., & Azfajri, G. (2022). Sistem keamanan sepeda motor berbasis face recognition. *Proyek Akhir, Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro dan Informatika, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung*.
- Hermawan, R., & Abdurrohman. (2020). Pemanfaatan teknologi Internet of Things pada alarm sepeda motor menggunakan NodeMCU LoLiN V3 dan media Telegram. *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, 5(2), 58–67. <https://doi.org/10.32897/infotronik.2020.5.2.453>
- Kamal, K., Tyas, U. M., Buckhari, A. A., & Pattasang, P. (2023). Implementasi aplikasi Arduino IDE pada mata kuliah sistem digital. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi (TEKNOS)*, 1(1), 1–10.
- Khoiri, M. I., Prayudha, J., & Andika, B. (2022). Implementasi IoT (Internet of Things) keamanan sepeda motor berbasis NodeMCU. *Jurnal Sistem Komputer Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, 1(5), 197–204. <https://doi.org/10.53513/jursik.v1i5.6427>
- Krishnan, A., N. D., Nair, R. R., & S. J. V. J. (2018). Auto switching car door-lock system based on facial recognition using MATLAB. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology (IJARIIT)*, 4(2), 2645–2650.
- Marzuki, A. A., Martawati, M. E., & Susanto, R. E. W. (2023). Sistem pengaman kendaraan listrik dengan deteksi wajah berbasis Internet of Things (IoT). *Journal of Mechanical Engineering (J-MEEG)*, 2(2), 206–213.
- Mira, E., Hadi, S., Fachrudin, A. R., Susilo, S. H., & Perkasa, R. E. (2021). Vehicle safety system with Arduino-based face detection technique. *Attractive: Innovative Education Journal*, 3(3), 196–202. <https://attractivejournal.com/index.php/aj/article/download/282/190>

- Muttaqin, I. R., & Santoso, D. B. (2021). Prototype pagar otomatis berbasis Arduino Uno dengan sensor ultrasonic HC-SR04. *JE-UNISLA*, 6(2), 41–45. <https://doi.org/10.30736/je-unisla.v6i2.695>
- Nasution, I. P., Ahmad, U. A., & Tresna, W. P. (2023). Karakterisasi putaran motor servo jangkauan setengah bola untuk mendukung pelontar peluru berbasis pneumatic. *E-Proceeding of Engineering*, 10(1), 445–451.
- Rosita, Y. D., & Sugianto. (2018). Pemanfaatan MATLAB (Matrix Laboratory) untuk deteksi jalan aspal berlubang. <https://qiaramedia.com/publications/370826/pemanfaatan-matlab-matrix-laboratory-untuk-deteksi-jalan-aspal-berlubang>
- Santoso, S. P., & Wijayanto, F. (2022). Rancang bangun akses pintu dengan sensor suhu dan handsanitizer otomatis berbasis Arduino. *Jurnal Elektro*, 10(1), 20–31.
- Saputra, H. A., Utaminingrum, F., & Kurniawan, W. (2019). Deteksi dan pengenalan wajah sebagai pendukung keamanan menggunakan algoritme Haar-Classifler dan Eigenface berbasis Raspberry Pi. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(2), 1372–1380. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/4375>
- Sari, L. V., Musthafa, A., & Harmini, T. (2022). Pengenalan ekspresi wajah secara realtime menggunakan transfer learning pada FaceNet. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Masyarakat Bidang Ilmu Komputer*, 1–7.
- Shitole, T., & Behera, A. K. (2024). Design, analysis and optimization of car door. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET)*, 12(1), 577–584. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.54148>
- Sinaga, G. E. L., Gunawan, I., Irawan, & Poningsih. (2022). Rancang bangun sistem keamanan sepeda motor berbasis Arduino Uno menggunakan GPS dan relay melalui smartphone. *STORAGE: Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.55123/storage.v1i1.154>
- Tsauri, S., & Efendi, Y. (2019). Perancangan alat keamanan kendaraan menggunakan Arduino berbasis mobile. *Jl-Tech*, 15(2), 29–39.
- Utama, A. G., Nabila, A. S., Azzahra, A. K., Fadlun, D., & Assaidah. (2023). Pembuatan graphical user interface (GUI) MATLAB untuk demonstrasi metode windowing pada low pass filter (LPF) finite impulse response (FIR). *Jurnal Penelitian Sains (JPS)*, 25(1), 34–40. <https://doi.org/10.56064/jps.v25i1.749>