

Implementasi Sistem Gerbang Otomatis dengan Perpaduan Teknologi Pengenalan Pelat Nomor Kendaraan dan Pengenalan Wajah

Ihsan Ahmad Kamal, Fransiskus Abel Pramuadi Putra*, Firas Maulana Lasidi,
Wahmisari Priharti, Willy Anugrah Cahyadi

Departemen Teknik Elektro, Telkom University, Bandung Indonesia

*Koresponden email: fransiskusabelp.putra@gmail.com

Diterima: 22 Juli 2024

Disetujui: 30 Juli 2024

Abstract

Automated access control systems have been widely used in recent years due to their high accuracy and security. In this study, we present an intelligent and secure electronic gate based on facial recognition and vehicle number plate recognition. The system combines multimodal biometric technology with face recognition using the 'face_recognition' package and automatic licence plate recognition (ALPR) using YOLOv8 and PaddleOCR to enhance the security of access to restricted areas. The system was able to correctly recognise 29 out of 30 faces, while all licence plates were accurately recognised, even at different times. The results show that the automated gate system has been successfully developed and tested with an accuracy rate of 96.67%. This success demonstrates the potential use of multimodal biometric technology to improve the security and efficiency of access control systems in various applications, such as office environments, residential areas and other public facilities. Further research can be directed towards improving the resilience of the system to different environmental conditions and expanding the database of recognised faces and vehicle number plates.

Keywords: *automatic gate control system, face recognition, vehicle license plate recognition, face_recognition, YOLOv8, PaddleOCR*

Abstrak

Sistem kontrol akses otomatis telah banyak digunakan dalam beberapa tahun terakhir karena keakuratan dan keamanannya yang tinggi. Dalam penelitian ini, kami menyajikan gerbang elektronik yang cerdas dan aman berdasarkan pengenalan wajah dan pelat nomor kendaraan. Sistem ini menggabungkan teknologi biometrik multimodal dengan deteksi wajah menggunakan *package* 'face recognition' dan *Automatic License Plate Recognition* (ALPR) dengan YOLOv8 dan PaddleOCR untuk meningkatkan keamanan akses ke area terbatas. Sistem ini dapat mengenali 29 dari 30 wajah dengan benar, sementara semua pelat nomor dikenali dengan akurat meskipun waktu pengambilan gambar bervariasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem gerbang otomatis ini berhasil dikembangkan dan diuji dengan tingkat akurasi sebesar 96,67%. Keberhasilan ini menunjukkan potensi penggunaan teknologi biometrik multimodal dalam meningkatkan keamanan dan efisiensi sistem kontrol akses di berbagai aplikasi, seperti di lingkungan perkantoran, perumahan, dan fasilitas publik lainnya. Penelitian lebih lanjut dapat diarahkan untuk meningkatkan ketahanan sistem terhadap kondisi lingkungan yang berbeda serta memperluas basis data wajah dan pelat nomor kendaraan yang dikenali oleh sistem.

Kata Kunci: *sistem kontrol gerbang otomatis, pengenalan wajah, pengenalan pelat nomor, face_recognition, YOLOv8, PaddleOCR*

1. Pendahuluan

Keamanan adalah hal yang paling penting ketika masuk ke area terbatas. *Computer vision* memainkan peran yang sangat penting untuk membuat dan menyimpan catatan digital orang dan kendaraan yang mengakses area tertentu. Dengan memanfaatkan *computer vision* dan teknik pemrosesan gambar, kami dapat mengembangkan sistem otomatis yang mampu menganalisis gambar dan video tersebut. Teknologi ini memberikan solusi yang efektif dengan meningkatnya jumlah mobil.

Biometrik berfungsi sebagai pengaman yang penting, memberikan identifikasi dan otentikasi kepada publik. Biometrik memberikan tingkat keamanan yang sulit untuk dipalsukan. Kemajuan teknologi mendorong evolusi yang cepat, sementara penelitian di bidang biometrik secara konsisten meningkatkan efisiensi sistem. Di beberapa negara, aplikasi biometrik diperlukan untuk tugas-tugas seperti mencatat

kehadiran karyawan, mengontrol akses ke pintu, mengelola penggajian, dan mengoperasikan sistem sumber daya manusia.

Pengenalan biometrik terdiri dari berbagai modalitas, termasuk wajah, sidik jari, mata, pola pembuluh darah, sidik telapak tangan, tanda tangan, gaya berjalan, dan DNA seseorang. Identitas unik ini memainkan peran penting dalam banyak konteks, mulai dari sistem parkir hingga pengawasan, imigrasi, dan keamanan bandara penjagaan keamanan terhadap terorisme. Pada awalnya, penelitian sebagian besar terkonsentrasi pada biometrik unimodal. Namun, disiplin ilmu ini telah berkembang ke arah biometrik multimodal, yang secara signifikan mengurangi kemungkinan menerima penipu [1]. Salah satu teknik multimodal didasarkan pada fusi. Fusi, secara luas, mengacu pada penggabungan atau integrasi hal-hal yang berbeda. Sebagai contoh, fusi dapat terjadi pada fitur wajah dan sidik jari, atau kombinasi fitur wajah, sidik jari, dan geometri tangan. Hasilnya, fusi menghasilkan hasil yang lebih baik pada output dan meningkatkan akurasi sistem [2]. Fusi menghasilkan hasil yang lebih baik pada output sistem, menghasilkan akurasi yang lebih besar. Tidak seperti sistem unimodal, biometrik multimodal meningkatkan keamanan dan keselamatan dengan menggunakan banyak fitur biometrik. Mencoba memalsukan banyak atribut menjadi lebih menantang secara eksponensial, membuat sistem multimodal tahan terhadap teknologi penipuan [3].

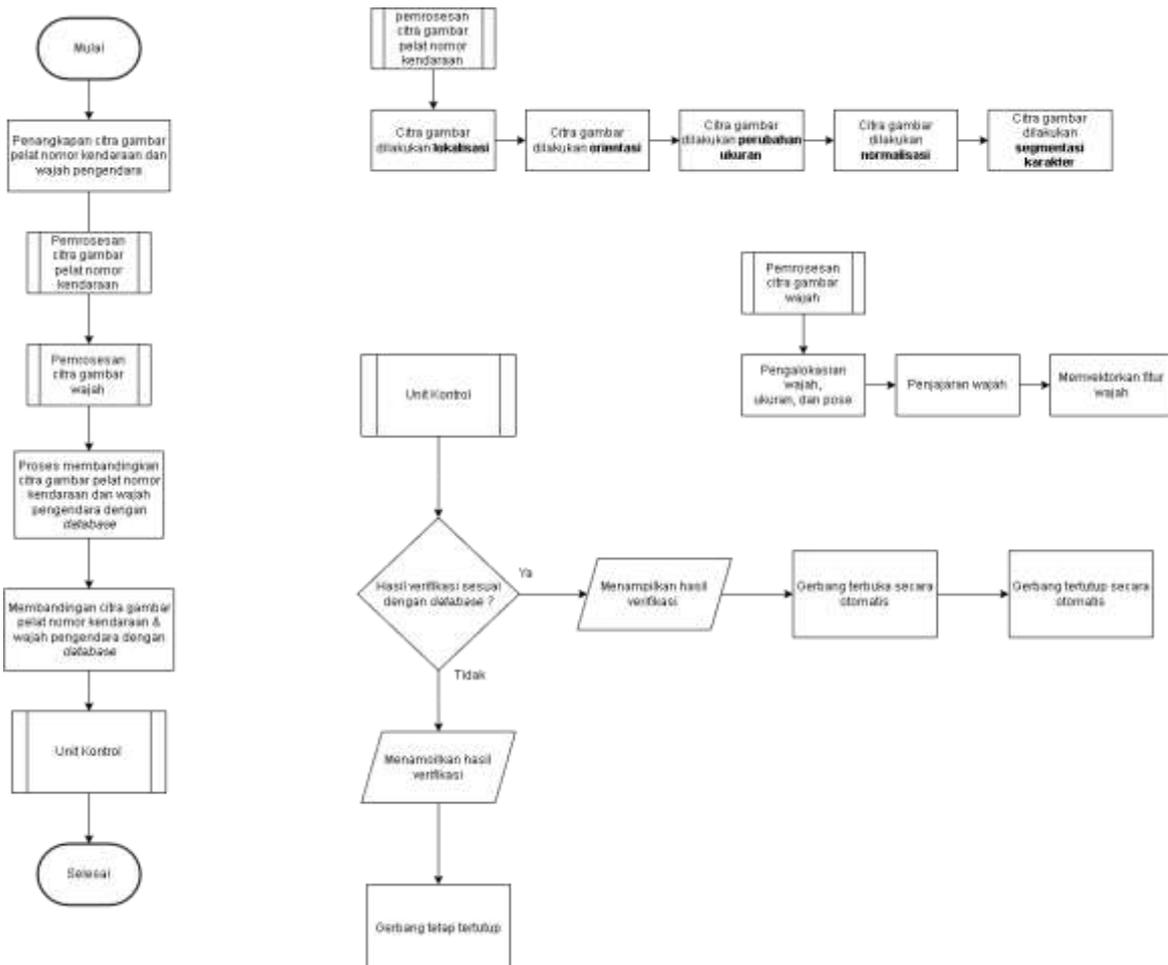
Automatic License Plate Recognition (ALPR), yang memainkan peran penting dalam beberapa aplikasi kehidupan nyata, termasuk pengumpulan tol otomatis, penegakan hukum lalu lintas, manajemen akses tempat parkir, dan pemantauan lalu lintas jalan [4-7]. Teknologi ALPR memungkinkan pengenalan nomor plat kendaraan dari gambar yang diambil oleh kamera, baik berwarna, hitam putih, atau inframerah. Teknologi ini bergantung pada berbagai teknik, termasuk deteksi objek, pemrosesan gambar, dan pengenalan pola. ALPR terkadang disebut sebagai *Automatic Vehicle Identification* (AVI), *Car Plate Recognition* (CPR), *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR), dan *Optical Character Recognition* (OCR) untuk mobil.

ALPR membantu mengidentifikasi pelanggaran lalu lintas dan menambah kontrol terbatas. Selain manajemen lalu lintas, sistem ALPR menawarkan manfaat tambahan, termasuk pencegahan pencurian dan kontrol akses. Namun, bergantung sepenuhnya pada ALPR mungkin tidak cukup dalam kasus-kasus tertentu. Misalnya, ALPR dapat dengan mudah dihindari hanya dengan menukar pelat nomor. Di lokasi dengan keamanan tinggi seperti kompleks militer atau gedung pemerintah, kita membutuhkan sistem yang lebih kuat.

Dalam penelitian ini, kami mempelajari penggabungan pelat nomor dan pengenalan wajah dalam konteks keamanan gerbang otomatis. Dengan menggabungkan modalitas ini, kami bermaksud untuk menciptakan sistem kontrol akses yang lebih tahan lama dan efektif. Dalam karya ini, kami menyajikan gerbang elektronik yang cerdas dan aman berdasarkan fungsi pelat nomor dan identifikasi wajah. Pertama, kami mengambil gambar plat nomor. Sistem kami memeriksa nomor plat dan mencocokkannya dengan database. Jika informasinya cocok, entri dikonfirmasi. Jika terjadi ketidakcocokan data, petugas keamanan akan diberitahu. Secara bersamaan, kami menangkap gambar wajah pengemudi. Teknologi pengenalan wajah mengesahkan identifikasi pengemudi. Langkah identifikasi tambahan ini menjamin bahwa kendaraan yang masuk sesuai dengan pengemudi yang berwenang.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, sistem yang kami gunakan berbentuk *prototype* yang memiliki skala 1:5. Pada **Gambar 1** tertera diagram alir dari sistem gerbang otomatis yang menggunakan penangkapan gambar citra pelat nomor kendaraan dan wajah pengemudi. Pertama, ketika pengemudi berada didepan gerbang otomatis maka kamera akan menangkap citra gambar pelat nomor kendaraan dan wajah pengemudi. Untuk pelat nomor kendaraan yang ditangkap maka akan dilakukan pemrosesan dengan tahap lokalisasi, orientasi, perubahan ukuran, normalisasi, dan segmentasi karakter agar bisa di proses untuk verifikasi. Lalu untuk citra gambar wajah pengemudi akan dilakukan pengalokasian wajah, ukuran, pose, penjajaran wajah, pemvektoran fitur wajah. Tahap selanjutnya citra gambar wajah dan pelat nomor kendaraan akan dibandingkan dengan data yang ada pada *database*. Jika terjadi kecocokan antara citra gambar yang ditangkap dengan data yang ada pada *database*, maka data akan diverifikasi lalu gerbang akan terbuka sehingga pengemudi akan diberikan akses untuk memasuki area terbatas.



Gambar 1. Diagram alir *face detection* dan *number plate recognition* untuk *automatic gate system*

2.1 Konfigurasi Perangkat Keras

Kamera Jovitech webcam digunakan untuk melakukan penangkapan gambar wajah pengemudi dan pelat nomor kendaraan yang terletak disamping wajah pengemudi dan pada palang gerbang otomatis. 16x2 LCD Display dengan I2C Interface digunakan sebagai layar indikator yang akan menampilkan status proses pengenalan apakah berhasil atau tidak. Pada sistem gerbang otomatis tersusun atas beberapa komponen yang terdiri dari Arduino Uno yang terkoneksi dengan Servo Tower Pro MG995 dan 16x2 LCD Display dengan I2C Interface.



Gambar 2. Integrasi sistem

2.2 Konfigurasi Perangkat Lunak

Pada penelitian ini, proses pengenalan wajah pengemudi dan pelat nomor kendaraan diproses menggunakan *Control Processing Unit* (CPU) dari AMD Ryzen 5 6600H. Untuk membangun sistem pengenalan wajah digunakan *package* 'face_recognition' [14]. Lalu untuk membangun sistem pengenalan pelat nomor kendaraan digunakan *pre-trained model* dari YOLOv8 dan PaddleOCR untuk pembacaan karakter dari format gambar [15-16].

2.3.1 Metode ALPR

Untuk membangun sistem *Automatic License Plate Recognition* (ALPR), kami memulai dengan beberapa langkah kunci. Pertama, kita perlu melakukan *pre-processing* pada gambar yang diambil dan mengekstraksi daerah yang menjadi fokus utama, yaitu *Region of Interest* (ROI). Lalu dilanjutkan dengan mendeteksi keberadaan pelat nomor kendaraan kemudian mengenali dan mengekstrak teks dari berbagai format gambar.

2.3.1.1 Bagian *License Plate Detection, Extraction of Region of Interest (ROI) and Pre-processing*

Untuk *License Plate Detection*, kami menggunakan bahasa pemrograman Python. Kami mengimpor dan instal repositori yang diperlukan, dan model yang digunakan adalah YOLOv8, sebuah model mutakhir untuk deteksi objek, klasifikasi gambar, dan tugas segmentasi contoh. *Dataset* untuk melatih model adalah 'roboflow' [17]. *Preprocessing* gambar dilakukan dengan melibatkan konversi ke *grayscale* dan penghilangan *noise* dengan pemfilteran Gaussian. Hasil pendeteksian pelat nomor kendaraan menggunakan YOLOv8 dapat dilihat pada **Gambar 3**. Melakukan ekstraksi pada *Regions of Interest* (ROI) yang sesuai mengidentifikasi area di depan mobil dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 3. Deteksi Pelat Nomor Kendaraan dengan YOLO



Gambar 4. Ekstraksi ROI

2.3.1.2 Bagian Number Plate Recognition

Setelah objek pelat nomor terdeteksi selanjutnya dilakukan proses OCR (*Optical Character Recognition*). Pada proses OCR kami menggunakan package PaddleOCR yang tidak hanya menyediakan model berbahasa Mandarin dan Inggris dalam skenario umum, tetapi juga menyediakan model yang dilatih secara khusus dalam skenario bahasa Inggris [16]. Dan model multibahasa mencakup 80 bahasa. PaddleOCR adalah sistem OCR ultra-ringan praktis yang dikembangkan sendiri, yang disederhanakan dan dioptimalkan berdasarkan algoritma akademis yang diterapkan kembali, dengan mempertimbangkan keseimbangan antara akurasi dan kecepatan. Peneliti juga telah mempelajari cara menggunakan matplotlib dan OpenCV untuk menggambar hasil pada gambar. Dengan metode yang mudah dan efisien untuk mengekstraksi teks dari foto dengan tingkat akurasi yang tinggi, PaddleOCR adalah alat yang tepat untuk pengenalan teks dari gambar. Algoritma yang kuat dan antarmuka yang ramah pengguna menjadikannya pilihan yang tepat untuk perusahaan dan organisasi yang membutuhkan pemrosesan dokumen dan gambar dalam jumlah besar dengan cepat.

2.3.2 Metode Face Detection

Untuk membangun sistem pengenalan wajah pengendara, kami memanfaatkan *pre-trained model* yang ada didalam *package* 'face_recognition' berbasis bahasa pemrograman Python. Modul 'face_recognition' dibangun menggunakan dlib dan OpenFace yang memiliki tugas masing-masing untuk dapat mengenali wajah manusia. Pertama, kita perlu melakukan *encoding* pada keseluruhan *dataset* yang disimpan, hasil dari proses *encoding* ini menghasilkan data *embedding* yang merupakan representasi numerik dari tiap wajah dalam bentuk vektor berdimensi tetap yaitu 128 dimensi pengukuran. Langkah selanjutnya adalah mengenali wajah pengendara yang ditangkap menggunakan kamera yang terletak disebelah wajah pengendara, citra gambar wajah pengendara akan ditangkap lalu akan dilakukan perbandingan dengan keseluruhan dengan dataset untuk mencari kemiripan.

2.3.2.1 Bagian Pencarian Lokasi Wajah

Dalam *package* 'face_recognition', dlib digunakan untuk deteksi dan ekstraksi fitur wajah. dlib mengidentifikasi lokasi dan *landmark* wajah seperti mata, hidung, dan mulut menggunakan metode *Histogram of Oriented Gradients* (HOG). HOG menghitung gradien orientasi piksel dan menciptakan arah kekuatan gradien berdasarkan perbedaan intensitas cahaya. HOG kemudian membandingkan pola wajah yang telah dilatih sebelumnya dengan wajah yang baru diidentifikasi untuk menentukan letak wajah.

2.3.2.2 Bagian Proses Encoding pada Wajah Pengendara

Untuk memudahkan proses encoding, dlib menggunakan metode *face landmark estimation* untuk mengidentifikasi titik-titik penting pada fitur wajah seperti mata, hidung, dan mulut. Landmark ini membantu menyesuaikan arah wajah ke posisi sempurna, memastikan wajah selalu berada di tengah. Setelah wajah ditransformasikan, encoding dilakukan menggunakan arsitektur *Deep Neural Networks* (DNNs) dari model *pre-trained* OpenFace. Hasil *encoding* menghasilkan data *embedding* berupa representasi numerik dari tiap wajah dalam vektor berdimensi 128.

2.3.2.3 Bagian Proses Pengenalan Wajah Pengendara

Untuk mengenali wajah pengendara secara langsung, digunakan kamera dengan OpenCV untuk menangkap citra wajah. Setelah kamera terbuka, HOG digunakan untuk mendeteksi lokasi wajah, lalu metode *face landmark estimation* diterapkan untuk mengenali wajah dari berbagai arah dengan memberikan titik-titik penting pada fitur wajah seperti mata, hidung, dan mulut. *Landmark* ini digunakan untuk *encoding* yang menghasilkan vektor 128 dimensi. Langkah terakhir adalah membandingkan hasil *encoding* dengan *dataset*. Jika terdapat kemiripan, wajah yang dikenali akan diverifikasi sesuai data dalam dataset.



Gambar 5. Pengenalan wajah pengendara

2.3.3 Metode Gerbang Otomatis

Komunikasi serial adalah metode pertukaran data di mana data dikirim dan diterima satu bit pada satu waktu melalui satu saluran komunikasi. Metode ini sangat efektif untuk komunikasi jarak jauh dan sering digunakan dalam sistem komunikasi digital, termasuk perangkat mikrokontroler seperti Arduino. Komunikasi serial dapat dibagi menjadi dua jenis utama: sinkron dan asinkron. Komunikasi serial asinkron adalah metode di mana setiap perangkat komunikasi tidak perlu disinkronkan oleh sinyal *clock* bersama, yang memungkinkan fleksibilitas dalam pengiriman data namun membutuhkan protokol untuk memastikan data diterima dengan benar [18].

Komunikasi serial merupakan elemen dasar dalam fungsi banyak perangkat dan sistem gerbang otomatis. Ini memungkinkan transmisi data antara komputer dan mikrokontroler, membuatnya memungkinkan untuk mengontrol berbagai komponen perangkat keras secara programatis. PlatformIO, sebagai lingkungan pengembangan yang serbaguna, memperluas kemampuan Visual Studio Code yang bertujuan untuk mengeksplorasi implementasi komunikasi serial antara PlatformIO di Visual Studio Code dan Arduino Uno. Tujuannya adalah untuk mengembangkan sistem yang dapat mengeluarkan perintah untuk membuka gerbang otomatis, sehingga menunjukkan aplikasi praktis dari komunikasi serial dalam proyek otomasi. Pendekatan ini tidak hanya menunjukkan potensi dari lingkungan pengembangan modern tetapi juga menyoroti kemudahan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak untuk menciptakan solusi inovatif.

3. Hasil dan Diskusi

Pada penelitian ini kami melakukan pengujian dengan melakukan percobaan untuk mengenali 30 pasang wajah pengendara dengan pelat nomor kendaraan untuk mengetahui apakah sistem dapat berkerja dengan baik.

Tabel 1. Hasil pengujian dari sistem gerbang otomatis

No	Nama pengendara	Hasil pengenalan	Pelat kendaraan	Hasil pengenalan
1	Akshay Kumar	Dikenali	DR 485 SFO	Dikenali
2	Alexandra Daddario	Dikenali	E 4 CUY	Dikenali
3	Alia Bhatt	Dikenali	A 1867 ZZZ	Dikenali
4	Amitabh Bachchan	Dikenali	A1989ZZ	Dikenali
5	Andy Samberg	Dikenali	AE 7813 VMA	Dikenali
6	Anushka Sharma	Dikenali	B 23 WAW	Dikenali
7	Billie Eilish	Dikenali	F 309 DSU	Dikenali
8	Brad Pitt	Dikenali	D 1895 EL	Dikenali
9	Camila Cabello	Dikenali	SB 798 NH	Dikenali
10	Charlize Theron	Dikenali	BP 132 HKJ	Dikenali
11	Claire Holt	Dikenali	A 8134 GPV	Dikenali
12	Courtney Cox	Dikenali	AD 777 HYR	Dikenali
13	Dwayne Johnson	Dikenali	Z 671 DAZ	Dikenali
14	Elizabeth Olsen	Dikenali	KT 135 BN	Dikenali
15	Ellen Degeneres	Dikenali	T 1828 JH	Dikenali
16	Henry Cavill	Dikenali	DK 914 ETR	Dikenali
17	Hrithik Roshan	Dikenali	BN 325 CX	Dikenali
18	Hugh Jackman	Dikenali	DD 6 MES	Dikenali
19	Jessica Alba	Dikenali	W 1442 RT	Dikenali
20	Kashyap	Dikenali	M 1282 SD	Dikenali
21	Lisa Kudrow	Dikenali	PA 2734 GOQ	Dikenali
22	Margot Robbie	Dikenali	B 1111 ZZZ	Dikenali
23	Marmik	Dikenali	S 4 BI	Dikenali
24	Natalie Portman	Dikenali	BE 987 HJM	Dikenali
25	Priyanka Chopra	Dikenali	AA 1342 IF	Dikenali
26	Robert Downey Jr	Dikenali	AB 4 DI	Dikenali
27	Roger Federer	Dikenali	Z 1123 RAS	Dikenali
28	Tom Cruise	Dikenali	R 61 RQ	Dikenali
29	Vijay Deverakonda	Dikenali	BP 1122 RAW	Dikenali
30	Zac Efron	Tidak Dikenali	A 1 ZZ	Dikenali

$$Akurasi = \frac{\sum \text{Hasil pengujian berhasil}}{\sum \text{Total pengujian}} \times 100\%$$

$$Akurasi = \frac{29}{30} \times 100\% = 96,67\%$$

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan skenario pengujian yang telah dibuat. Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali, dengan 30 variasi gambar wajah pengendara yang diambil dari [19] dan 30 variasi gambar pelat nomor kendaraan. Sebanyak 29 gambar wajah pengendara dikenali dan 1 gambar wajah pengendara tidak dikenali, Kegagalan ini dikarenakan letak wajah tidak dapat terdeteksi. Sebanyak 30 jenis pelat nomor kendaraan bisa dikenali, hanya saja membutuhkan waktu yang berbeda beda tergantung dengan kualitas kamera yang dipakai dan intensitas cahaya. Sehingga nilai akurasi yang didapat adalah sebesar 96,67%.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan menguji sistem gerbang otomatis berbasis pengenalan wajah dan pelat nomor kendaraan dengan tingkat akurasi sebesar 96,67%. Sistem ini menggabungkan teknologi biometrik multimodal dengan *Face Detection* dengan *package* 'face_recognition' dan ALPR dengan YOLOv8 dan PaddleOCR untuk meningkatkan keamanan akses ke area terbatas. Pengujian yang

melibatkan 30 variasi gambar wajah dan pelat nomor kendaraan menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali 29 dari 30 wajah dengan tepat, sementara semua pelat nomor dikenali meskipun dengan waktu yang bervariasi. Hasil ini menegaskan efektivitas penggunaan biometrik multimodal dalam meningkatkan akurasi dan keamanan sistem kontrol akses otomatis.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh rekan-rekan beserta pembimbing dari Universitas Telkom yang terlibat dalam pembuatan artikel ini yang diajukan sebagai bentuk publikasi dari hasil perancangan sistem gerbang otomatis dengan perpaduan teknologi pengenalan pelat nomor kendaraan dan pengenalan wajah pengendara.

6. Daftar Pustaka

- [1] S. Al-Maadeed, M. Bourif, A. Bouridane, R. Jiang. 2016. "Low-quality facial biometric verification via dictionary-based random pooling." *Pattern Recognition*, vol. 52, pp. 238-248.
- [2] C. Tsai, W.C. Cheng, J.S. Taur, and C.W. Tao. 2006. "Face detection using eigenface and neural network." *Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, pp. 4343-4347.
- [3] A. Mahmood, M. Uzair, and S. Al-Maadeed. 2018. "Multi-order statistical descriptors for real-time face recognition and object classification." *IEEE Access*, vol. 6, pp. 12993-13004.
- [4] S. S. Farfade, M. J. Saberian, and L. Li. 2015. "Multi-view face detection using deep convolutional neural networks." *Proceedings of the 5th ACM International Conference on Multimedia Retrieval*, pp. 643-650.
- [5] X. Sun, P. Wu, and S. C. Hoi. 2018. "Face detection using deep learning: An improved faster RCNN approach." *Neurocomputing*, vol. 299, pp. 42-50.
- [6] G. Liu et al. 2011. "The calculation method of road travel time based on license plate recognition technology." *Advances in Information Technology and Education Communication in Computer and Information Science*, vol. 201, pp. 385-389.
- [7] C.-N. E. Anagnostopoulos et al. 2008. "License plate recognition from still images and video sequences: a survey." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 9, no. 3, pp. 377-391.
- [8] L. T. A. Al-Mahbashi, N.A. Yusof, S. Shaharum, M. S. Karim, A. A. Faudzi. 2019. "Development of automated gate using automatic license plate recognition system." In **Proceedings of the 10th National Technical Seminar on Underwater System Technology**, pp. 459-466.
- [9] R. Chen. 2019. "Automatic License Plate Recognition via sliding-window darknet-YOLO deep learning." *Image and Vision Computing*, vol. 87, pp. 47-56.
- [10] L. Connie, C. K. On, and A. Patricia. 2018. "A Review of Automatic License Plate Recognition System in Mobile-based Platform." *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)*, vol. 10, no. 3-2, pp. 77-82.
- [11] R. N. Rodrigues, L. L. Ling, and V. Govindaraju. 2009. "Robustness of Multimodal Biometric Fusion Methods Against Spoof Attacks." *Journal of Visual and Computing*, doi:10.1016/j.jvlc.2009.01.010.
- [12] A. Ross and A. K. Jain. 2004. "Multimodal Biometrics: An Overview." *Proceedings of the 12th European Signal Processing Conference*, pp. 1221-1224.
- [13] Ross, Arun & Jain, Anil. (2004). "Multimodal biometrics: An overview." 1221-1224.
- [14] "face-recognition · PyPI." Accessed: Jul. 11, 2024. [Online]. Available: <https://pypi.org/project/face-recognition/>
- [15] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 779-788).
- [16] Du, Y., Li, C., Guo, R., Yin, X., Liu, W., Zhou, J., Bai, Y., Yu, Z., Yang, Y., Dang, Q. and Wang, H. (2020). Pp-ocr: A practical ultra lightweight ocr system. arXiv preprint arXiv:2009.09941.
- [17] R. U. Projects, 'License Plate Recognition Dataset', Roboflow Universe. Roboflow, Dec-2022.
- [18] B. L. R. Pambudi and W. S. Aji, "Serial Communication Module with Visual Basic and Arduino for Practical Use," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 130-136, 2021, doi: 10.12928/biste.v3i2.1494.
- [19] "Face Recognition Dataset." Accessed: Jul. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/vasukipatel/face-recognition-dataset>