Impelementasi Deep Learning Pada Purwarupa Pintu Pintar Menggunakan ESP32-CAM

1st Muhammad Zidan Fadhilah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
muhammadzidan@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Rendy Munadi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
rendymunadi@telkomuniversity.ac.id

3rd Iman Hedi Santoso
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
imanhedis@telkomuniversity.ac.id

***Abstrak* — Pandemi telah memengaruhi berbagai aspek ekonomi, yang mengakibatkan peningkatan tindakan kejahatan seperti pencurian, terutama saat pelaku mendapati peluang menguntungkan. Salah satu metode yang sering digunakan adalah merusak atau membobol sistem kunci pintu utama rumah. Untuk mencegah hal ini, inovasi dapat diterapkan melalui pemanfaatan *deep learning* dalam verifikasi wajah untuk mengakses pintu. Penelitian ini memfokuskan pada purwarupa pintu pintar yang menggabungkan MTCNN untuk deteksi wajah, FaceNet untuk embedding landmark wajah, SVM untuk klasifikasi, Firebase Cloud Storage dan Firebase Realtime Database untuk media komunikasi antara Deep Learning dan ESP32-CAM. Data pengujian melibatkan 3 skenario, termasuk wajah terdaftar, tidak terdaftar, dan manipulasi foto. Hasil menunjukkan model mampu mengenali wajah terdaftar dengan tingkat akurasi di atas 95 persen, yang memungkinkan akses ke pintu. Model ini menunjukkan potensi untuk meningkatkan keamanan melalui teknologi yang memanfaatkan kekuatan *deep learning* dalam pengenalan wajah. Implementasi pada purwarupa pintar ini memberikan solusi untuk mengatasi tindakan kejahatan dan meningkatkan kepercayaan dalam sistem keamanan rumah.**

***Kata kunci* — deep learning, verifikasi wajah, Firebase, ESP32-CAM**

I. PENDAHULUAN

Pandemi memberikan beberapa dampak buruk terhadap aspek ekonomi bagi beberapa kalangan masyarakat, Oleh karena itu, tindakan kejahatan seperti pencurian dapat terjadi tanpa peringatan di berbagai waktu dan lokasi, terutama ketika pelaku memiliki kesempatan yang menguntungkan. Sebagai contoh, aksi pencurian dapat terjadi di dalam rumah ketika rumah tersebut sedang kosong atau ditinggalkan sementara oleh pemiliknya, yang memberikan peluang bagi pelaku untuk beraksi [1]. Dalam menjalankan tindakan kriminal tersebut, seringkali pelaku menggunakan metode merusak atau membobol sistem kunci pada pintu utama rumah yang berfungsi sebagai titik akses utama untuk keluar masuk. Dengan cara ini, mereka menciptakan celah untuk melancarkan aksi kejahatan, memungkinkan akses yang tidak sah ke dalam rumah dan meningkatkan potensi kerugian bagi pemilik properti. Sehingga dibutuhkan keamanan lebih lanjut untuk mengamankan suatu sistem kunci agar tidak mudah dibobol oleh pencuri.

Salah satu inovasi pada pintu yang dapat dilakukan adalah merancang sistem keamanan pintu mengggunakan pemanfaatan *deep learning* untuk membuka pintu yang difungsikan melakukan verifikasi wajah penghuni rumah untuk akses masuk kedalam rumah [2]. Dengan adanya pemanfaatan *deep learning* pada fitur *face recognition* atau verifikasi wajah, diharapkan dapat mencegah terjadinya perusakan dan pembobolan kunci pintu rumah oleh pencuri.

II. KAJIAN TEORI

Implementasi *deep learning* pada purwarupa pintu pintar melibatkan bahasa pemrograman dalam pengembangan model dan implementasinya. Selain itu, implementasi verifikasi wajah pada purwarupa akan memanfaatkan *cloud computing* sebagai *infrastructure* dan *back-end* dari model *deep learning*. Pada bagian penulis akan menjelaskan terkait kajian teori dari fitur *face recognition* pada model *deep learning* yang dirancang beserta algoritma-algoritma yang digunakan dan membahas mengenai implementasinya pada layanan komputasi awan.

A. MTCNN

MTCNN atau *Multi-Task Cascaded Convolutional Networks* difungsikan untuk mendeteksi, *cropping*, dan menentukan fitur wajah pada citra yang akan diproses. Dengan kata lain MTCNN merupakan suatu algoritma yang meningkatkan performa deteksi dan penyesuaian wajah dengan memanfaatkan korelasi alami. Kerangka kerja MTCNN menggunakan pendekatan berjenjang dengan tiga tahap jaringan konvolusi (P-Net, R-Net, O-Net) yang dirancang secara teliti untuk indentifikasi dan mengatur lokasi wajah atau landmark dengan baik [3].

B. FaceNet

FaceNet adalah model jaringan saraf konvulusi yang digunakan untuk deteksi dan verifikasi wajah dalam bidang *machine learning*. Model ini menghasilkan representasi vektor unik untuk setiap wajah dan disebut *embedding* wajah yang memungkinkan perbandingan dan pengenalan wajah dengan akurasi tinggi. FaceNet menggunakan *triplet loss* dalam pelatihan untuk menciptakan representasi vektor yang terbedakan untuk setiap individu. Dengan menggunakan *embedding* vektor FaceNet, berbagai tugas seperti pengenalan wajah dan verifikasi identitas dapat dilakukan [4].

C. SVM

SVM atau *Support Vector Machine* adalah algoritma yang digunakan untuk klasifikasi dan regresi dengan tujuan menemukan pemisah terbaik untuk memisahkan data

dengan jarak maksimum antara kelas-kelas. Algoritma SVM juga dapat digunakan untuk regresi dengan memprediksi nilai kontinu berdasarkan data masukan. SVM memiliki kelebihan dalam menangani data yang tidak linier terpisah dan mencegah *overfitting* melalui parameter regulasi [5].

D. Firebase Cloud Storage

Cloud Storage adalah opsi penyimpanan objek yang efisien dan hemat biaya, dikembangkan oleh Google. Layanan ini memungkinkan pengguna menyimpan berbagai jenis konten seperti gambar, suara, video, dan lainnya melalui antarmuka pemrograman aplikasi (*Application Programming Interface*) atau integrasi langsung dengan aplikasi lain [6].

E. Firebase Realtime Database

Firebase Realtime Database atau RTDB merupakan solusi basis data yang di*hosting* pada komputasi awan yang memungkinkan penyimpanan dan sinkronisasi data secara *realtime*. Integrasi dengan berbagai *platform* melalui SDK Firebase yang memungkinkan penggunaan satu basis data *realtime* yang sama, memastikan pembaruan data otomatis diterima oleh semua pengguna [7].

F. Google Compute Engine

Compute Engine adalah layanan infrastruktur *cloud computing* yang disediakan oleh Google Cloud Platform (GCP). Layanan ini memungkinkan pengguna untuk menjalankan aplikasi di lingkungan komputasi berbasis *cloud* dengan menggunakan *virtual machine* atau VM yang dapat diukur sesuai kebutuhan [8].

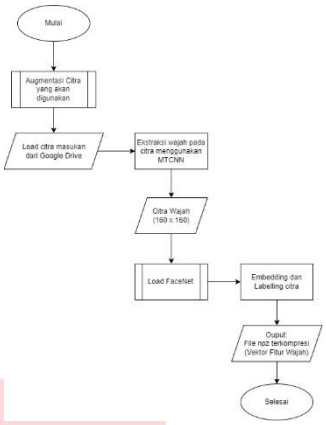
III. METODE

Model *deep learning* yang diimplemetasikan menggunakan beberapa algoritma seperti MTCNN sebagai algoritma yang digunakan untuk mendeteksi wajah pada citra yang diambil oleh ESP32-CAM, SVM yang difungsikan untuk klasifikasi kelas wajah yang akan digunakan sebagai dataset, dan FaceNet digunakan untuk mengenali individu berdasarkan *landmark* citra yang diambil dengan melakukan verfikasi pada dataset yang sudah dilakukan *embedding*. Selain itu, model *deep learning* yang dirancang untuk *face recognition* akan berjalan pada layanan komputasi awan menggunakan Google Compute Engine. Metode yang terjadi pada implementasi *deep learning* adalah sebagai berikut:

A. Praproses

Pada tahap praproses, citra wajah yang diambil dari sumber data berupa gambar yang harus dipersiapkan dengan format dan kualitas yang diperlukan oleh model. Proses praproses meliputi deteksi wajah menggunakan MTCNN, yang merupakan sebuah metode deteksi yang efisien dalam identifikasi area wajah dalam gambar. Selain itu, teknik augmentasi citra diterapkan untuk meningkatkan keragaman dataset pelatihan seperti pergeseran, rotasi, intensitas kecerahan, dan *greyscale* dari data wajah yang akan digunakan, sehingga *dataset* menjadi beragam dan mampu mengatasi masalah *overfitting* [9].

Gambar 1 merupakan *flowchart* dari tahapan praproses dari model *deep learning* yang dirancang pada purwarupa pintu pintar.

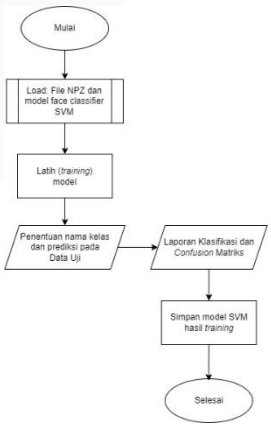


GAMBAR 1
(*Flowchart* praproses)

B. Pelatihan

Setelah proses praproses selesai, tahap berikutnya adalah pelatihan model *deep learning* yang akan digunakan pada fitur *face recognition* pada purwarupa pintu pintar. Pelatihan model akan menggunakan algoritma seperti FaceNet untuk proses *embedding* dengan mengubah gambar wajah menjadi representasi vektor dengan dimensi yang lebih rendah, dengan representasi vektor yang mencerminkan fitur-fitur wajah dari suatu individu yang relevan dan memberikan representasi yang lebih informatif. Selanjutnya, model klasifikasi seperti SVM dilatih menggunakan *embedding* sebagai data pelatihan. Proses pelatihan ini melibatkan optimisasi parameter model agar dapat mengenali pola wajah yang berbeda dengan lebih akurat. Pelatihan ini membutuhkan dataset wajah yang besar dan beragam seperti penggunaan augmentasi dari gambar untuk meningkatkan kualitas *dataset* yang digunakan, agar mencapai tingkat akurasi pada saat proses verifikasi wajah dari citra yang diambil oleh ESP32-CAM [9].

Gambar 2 merupakan *flowchart* dari tahapan pelatihan dari model *deep learning* yang dirancang pada purwarupa pintu pintar.



GAMBAR 2
(*Flowchart* pelatihan)

C. Pengujian

Setelah model dilatih, tahap pengujian dilakukan untuk menguji performa model pada data yang tidak pernah digunakan selama pelatihan. Data pengujian memastikan bahwa model mampu mengenali wajah dengan akurat dan konsisten dalam situasi kehidupan nyata. Hasil pengujian

memberikan gambaran tentang sejauh mana model dapat diandalkan dalam mengidentifikasi wajah yang belum pernah dikenali sebelumnya. Selain itu, pengujian juga membantu dalam mengevaluasi performa model dan mendeteksi kemungkinan masalah atau kelemahan yang perlu diperbaiki. Dengan tahapan pengujian yang teliti, kualitas dan kehandalan fitur *face recognition* dapat terjamin sehingga dapat diimplementasikan dalam berbagai aplikasi keamanan dan pengenalan identitas pada purwarupa pintu pintar.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

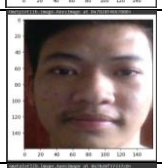
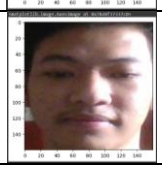
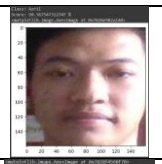
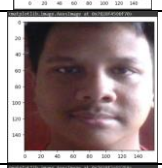
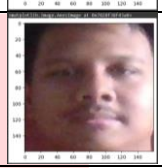
Pengujian model *deep learning* dilakukan untuk mengukur performa dan akurasi dari *face recognition* melalui model *deep learning* yang sudah dirancang dan dilatih untuk keperluan purwarupa pintu pintar. Skenario verifikasi wajah dilakukan dengan 3 skenario percobaan seperti wajah individu yang sudah terdaftar, wajah individu yang tidak terdaftar, dan manipulasi wajah individu yang terdaftar melalui foto. Dalam konteks ini, berbagai hasil yang berhasil dihasilkan adalah sebagai berikut:

A. Wajah terdaftar

Pengujian ini dilakukan untuk mengecek dan mencari nilai akurasi dari performa fitur *face recognition* yang digunakan pada purwarupa dengan menggunakan citra wajah terdaftar.

Tabel 1 merupakan hasil percobaan dari model deep learning pada purwarupa pintu pintar dengan menggunakan skenario wajah terdaftar.

TABEL 1
(Wajah Terdaftar)

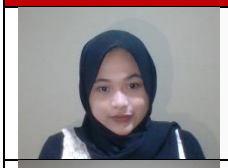
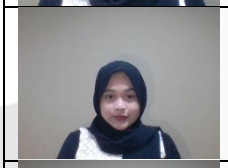
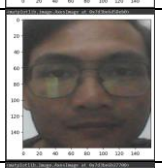
Gambar Awal	Hasil Citra	Kelas	Nilai Prediksi
		Dika	99,223%
		Dika	99,693%
		Dika	99,5%
		Azriel	99,512%
		Azriel	99,797%
		Azriel	99,367%
		Zidan	99,621%
		Zidan	99,227%
		Zidan	99,998%

B. Wajah tidak terdaftar

Pengujian ini dilakukan untuk mengecek dan mencari nilai akurasi dari performa fitur *face recognition* yang digunakan pada purwarupa dengan menggunakan citra wajah tidak terdaftar.

Tabel 2 merupakan hasil percobaan dari model deep learning pada purwarupa pintu pintar dengan menggunakan skenario wajah tidak terdaftar.

TABEL 2
(Wajah Tidak Terdaftar)

Gambar Awal	Hasil Citra	Kelas	Nilai Prediksi
		Azriel	47,993%
		Dika	69,840%
		Azriel	54,647%
		Azriel	64,436%
		Azriel	75,703%

		Azriel	68,459%
		Azriel	67,976%
		Azriel	62,554%
		Azriel	62,568%

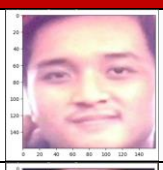
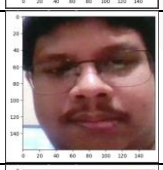
		Zidan	76,999%
		Dika	41,338%
		Azriel	47,005%
		Zidan	50,643%

C. Manipulasi wajah terdaftar

Pengujian ini dilakukan untuk mengecek dan mencari nilai akurasi dari performa fitur *face recognition* yang digunakan pada purwarupa dengan menggunakan manipulasi citra wajah terdaftar.

Tabel 3 merupakan hasil percobaan dari model deep learning pada purwarupa pintu pintar dengan menggunakan skenario manipulasi wajah terdaftar.

TABEL 3
(Manipulasi Wajah Terdaftar)

Gambar Awal	Hasil Citra	Kelas	Nilai Prediksi
		Dika	86.564%
		Azriel	70,008%
		Zidan	85,758%
		Dika	74,378%
		Azriel	76,649%

V. KESIMPULAN

Hasil prediksi verifikasi wajah memiliki keluaran berupa nilai persentase dengan skala nol hingga seratus persen. Adapun kriteria yang diperlukan untuk kunci purwarupa terbuka, hasil persentasi verifikasi wajah harus lebih dari sama dengan 95 persen agar fungsi perubahan *value* Realtime Database dapat dilakukan untuk membuka kunci solenoid dan jika kurang dari 95 persen maka kunci purwarupa pintu pintar akan tetap tertutup. Selain itu, saat nilai verifikasi wajah dibawah 95 persen model *deep learning* akan menjalankan fungsi untu mengubah *value* Realtime Database agar ESP32-CAM dapat mengambil ulang citra untuk diproses kembali.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada model *deep learning* melalui 3 skenario percobaan dengan total gambar uji sebanyak 27 gambar dapat dikatakan fitur *face recognition* yang dirancang pada purwarupa pintu pintar bekerja dengan efektif dan memenuhi segala ketentuan yang ditetapkan.

REFERENSI

[1] I. S. Hendi Suhendi, “Sistem Keamanan Rumah Menggunakan RFID, Sensor PIR dan Modul GSM Berbasis Mikrokontroler ATMEGA328,” vol. 2, 2022.

[2] O. Taiwo, A. E. Ezugwu, O. N. Oyelade, and M. S. Almutairi, “Enhanced Intelligent Smart Home Control and Security System Based on Deep Learning Model,” *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/9307961.

[3] R. Jin, H. Li, J. Pan, W. Ma, and J. Lin, “Face Recognition Based on MTCNN and FaceNet,” Gewerbestrasse, 2021. [Online]. Available: www.aaai.org

[4] E. Jose, M. Greeshma, T. P. Mithun Haridas, and M. H. Supriya, “Face Recognition based Surveillance System Using FaceNet and MTCNN on Jetson TX2,” in *2019 5th International Conference on*

Advanced Computing and Communication Systems, ICACCS 2019, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Mar. 2019, pp. 608–613. doi: 10.1109/ICACCS.2019.8728466.

[5] I. Ahmad, M. Basheri, M. J. Iqbal, and A. Rahim, "Performance Comparison of Support Vector Machine, Random Forest, and Extreme Learning Machine for Intrusion Detection," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 33789–33795, May 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2841987.

[6] D. Sharma and C. Fancy, "Cloud Storage Security using Firebase and Fernet Encryption," *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 70, no. 9, pp. 371–375, Sep. 2022, doi: 10.14445/22315381/IJETT-V70I9P237.

[7] W. J. Li, C. Yen, Y. S. Lin, S. C. Tung, and S. M. Huang, "JustIoT Internet of Things based on the Firebase real-time database," in *Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Smart Manufacturing, Industrial and Logistics Engineering, SMILE 2018*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., May 2018, pp. 43–47. doi: 10.1109/SMILE.2018.8353979.

[8] Z. Li, L. O'Brien, R. Ranjan, and M. Zhang, "Early Observations on Performance of Google Compute Engine for Scientific Computing," Dec. 2013, doi: 10.1109/CloudCom.2013.7.

[9] V. Maheswari, C. A. Sari, D. R. I. M. Setiadi, and E. H. Rachmawanto, "Study analysis of human face recognition using principal component analysis," in *Proceedings - 2020 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication: IT Challenges for Sustainability, Scalability, and Security in the Age of Digital Disruption, iSemantic 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Sep. 2020, pp. 55–60. doi: 10.1109/iSemantic50169.2020.9234250.