

Realisasi *Prototype* Sistem *Smart Door Lock* dengan Pengenalan Wajah Terintegrasi Telegram *Messenger* Berbasis *Internet of Things*

Ilyas Novansyah¹, T.B. Utomo², M. Yusuf Fadhlani³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Parongpong, Bandung Barat 40559

¹E-mail: ilyas.novansyah.tkom18@polban.ac.id

²E-mail: tb.utomo@polban.ac.id

³E-mail: muhammad.yusuf.tel410@polban.ac.id

ABSTRAK

Rumah merupakan tempat yang digunakan untuk tinggal. Sejak dulu, kebutuhan terhadap rumah atau “kosan” masih tinggi, tetapi rendahnya tingkat sekuritas di daerah – daerah tertentu menyebabkan peningkatan angka kriminalitas seperti pencurian meningkat. Oleh karena itu, sistem keamanan yang baik harus dimiliki oleh rumah maupun “kosan” yang akan dijadikan sebagai tempat tinggal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan suatu sistem keamanan yang telah ada dengan memanfaatkan teknologi OpenCV dan mengimplementasikannya guna meningkatkan sekuritas dan menyelesaikan masalah yang terjadi. Sistem ini dibangun dengan raspberry pi dan dipadukan dengan sensor PIR, modul relay yang terhubung dengan *solenoid lock* serta baterai, modul kamera USB, dan indikator berupa LED yang kemudian terintegrasi dengan sistem API Telegram *Messenger* sehingga sistem ini akan terhubung dengan penggunaannya melalui internet. Pemanfaatan OpenCV pada sistem memungkinkan alat untuk dapat mengenali wajah pengguna secara akurat dengan tujuan memilah subjek yang dapat mengakses kunci pintu dan mana yang tidak, selain itu integrasi dengan API Telegram juga memberikan fleksibilitas kepada pengguna agar dapat kendali penuh seperti akses *remote* pintu dan melakukan *monitoring* berupa video. Maka dari itu, hasil dari penelitian ini adalah untuk menciptakan sistem keamanan kunci pintu pintar yang dapat mengenali wajah dengan akurasi 90% serta dapat diakses melalui telegram.

Kata Kunci

Internet of things, sekuritas, smart door lock, pengenalan wajah, telegram

1. PENDAHULUAN

Tingkat kriminalitas yang terjadi terbilang banyak. Mengutip dari artikel IDNTimes yang menyatakan bahwa, kasus kriminal di Apartemen Kalibata City merupakan kasus yang dianggap sangat meresahkan masyarakat terutama penghuni apartemen tersebut [1]. Kesibukan yang menjadi alasan orang – orang untuk meninggalkan rumah mereka menjadi kosong adalah sebuah permasalahan yang umum terjadi. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem keamanan yang dapat menekan risiko terjadinya kriminalitas tersebut. Beberapa penelitian yang relevan dan telah dilakukan sebelumnya memiliki kekurangannya masing - masing, dengan menyesuaikan dengan kondisi saat ini, sistem yang akan dibuat merupakan pengembangan dari sistem - sistem pintu pintar sebelumnya dengan pembaruan teknologi yang digunakan seperti pengenalan wajah dengan tingkat keakuratan di atas 90% dan menekan hasil *false positive* yang didapat pada sistem.

Merujuk pada penelitian – penelitian mengenai sistem *smart door lock* yang telah banyak dilakukan seperti sistem kunci yang memanfaatkan teknologi RFID Card berbasis arduino sebagai dasar dari sistem buka kunci [2], pemanfaatan metode *Mel Frequency Cepstral Coefficient* dan *K-Nearest Neighbor* untuk akses kunci menggunakan pengenalan suara yang telah didaftarkan dalam *database* [3], implementasi kunci pintar berbasis

smartphone android yang memanfaatkan teknologi konektivitas *Bluetooth* untuk ruangan dosen [4], perancangan pintu pintar untuk deteksi wajah berbasis pengolahan citra digital menggunakan gerak fisiologis yang memiliki tingkat akurasi sebesar 93.5% [5], pemanfaatan aplikasi BLYNK sebagai pengendali pintu yang memiliki pengembangan berupa sensor suara yang masih rentan terhadap *noise* [6], pemanfaatan metode *Fisherface* sebagai sistem pengenalan wajah untuk keamanan pintu yang mendapatkan hasil akurasi sebesar 80% [7], pemanfaatan metode *Haar Cascade* pada akses kunci pintu [8], serta perancangan *smart door lock* menggunakan *voice recognition* berbasis raspberry pi 3 [9].

Sistem *smart door lock* yang akan dibuat diharapkan dapat memiliki tingkat akurasi sebesar 90% dengan rasio *false positive* yang di bawah 10%. Sistem dirancang menggunakan raspberry pi sebagai inti dari sistem yang akan diintegrasikan dengan modul relay optocoupler 1 *channel* sebagai *switch* antara sumber tegangan dengan *solenoid lock* sebagai media kunci pintu. Sistem ini juga akan dilengkapi dengan sensor PIR untuk mendeteksi adanya gerakan di sekitarnya dan terhubung dengan USB *Webcam* pada raspberry sebagai komponen utama dalam sistem pengenalan wajahnya. Selain itu, integrasi dengan bot telegram akan dilakukan supaya kunci pintu dapat terhubung dengan *smartphone*

pengguna sehingga dapat dilakukan *remote* dan *monitoring*. Dalam makalah ini dirancang sistem *smart door lock* dengan menggunakan prinsip *internet of things* yang diharapkan dapat meningkatkan keamanan.

2. SISTEM YANG DIUSULKAN

Salah satu teknologi yang umum digunakan dalam pengolahan data digital gambar/video seperti sistem pengenalan wajah yang memanfaatkan komputer adalah OpenCV. Teknologi ini merupakan sebuah *library* perangkat lunak *computer vision* dan *machine learning* yang bersifat *open source*. Pada sistem pengenalan wajah, digunakan sebuah metode yang dikenal sebagai “Algoritma Viola-Jones” atau yang disebut juga algoritma Haar Cascade yang merupakan salah satu algoritma yang digunakan untuk pendeteksian wajah [8]. Adapun model wajah yang digunakan pada sistem pengenalan wajah ini adalah *Histogram of Oriented Gradient* (HOG) yang secara prinsipnya meringkas pengukuran distribusi dari area gambar sehingga pendeteksian objek dilakukan dengan bentuk pola [10]. Selain itu, pada sistem pengenalan wajah ini akan digunakan *library module* dari bahasa pemrograman *python* yaitu *face_recognition module* yang merupakan sebuah modul untuk melakukan manipulasi pada gambar wajah dan memanfaatkan basis dlib dengan *deep learning*. Model pada modul ini memiliki tingkat akurasi hingga 99.38% berdasar pada “*Labeled Faces in the Wild*” *Benchmark*. Sistem *smart door lock* yang diusulkan kemudian akan diintegrasikan dengan *smartphone* pengguna melalui sebuah aplikasi android yaitu *telegram messenger*.

Dengan memanfaatkan fitur bot pada aplikasi tersebut, alat dan pengguna akan saling terhubung dengan *server API* yang sama sehingga pengguna dapat mengirimkan perintah ke alat melalui bot, dan alat akan dapat mengirimkan informasi berupa notifikasi dan konfirmasi keamanan kepada pengguna melalui *chatroom* bot yang menghubungkan keduanya.

Berikut spesifikasi alat yang akan dibuat.

1. Sistem dapat mengenali wajah pengguna yang terdaftar di dalam *database*.
2. Sistem dapat memberikan notifikasi atau konfirmasi keamanan ketika alat mendapat *trigger* dari *motion sensor*, dan ketika kunci pintu diakses.
3. Sistem terhubung dengan internet dan dapat dikendalikan melalui aplikasi telegram *messenger* melalui fitur *chatbot*.

Smart door lock dengan sistem pengenalan wajah dan *remote* melalui telegram ini diharapkan dapat menekan kasus kriminal terkait akses pintu tempat tinggal yang terjadi di daerah – daerah rawan pencurian. Sistem ini memiliki kendali jarak jauh sehingga dapat menjadi inovasi yang relevan untuk diterapkan pada kondisi pandemi dimana manusia dianjurkan untuk mengurangi kontak langsung dengan benda dan orang lain. *Smart*

door lock ini memberikan akses pengguna untuk dapat mengendalikan kunci pintu tanpa harus memegang kunci konvensional karena akses alternatif yang dimiliki oleh kunci telah diintegrasikan dengan *smartphone* pengguna.

3. METODE PELAKSANAAN

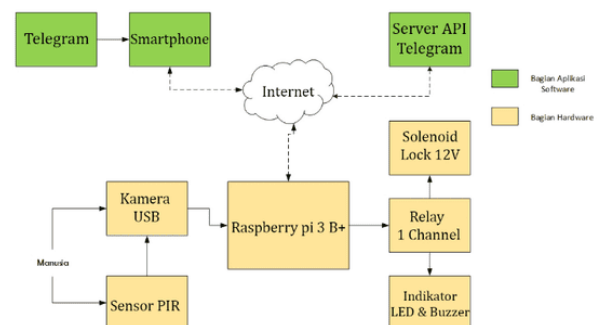
3.1 Perancangan

Perancangan sistem *smart door lock* terdiri dari perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak yang akan digambarkan dengan sebuah blok diagram dan diagram alir (*flowchart*). Sistem *smart door lock* ini akan memiliki input berupa gerakan manusia yang akan dideteksi oleh sensor PIR yang kemudian akan membuat sistem mengirim notifikasi atau konfirmasi kepada pengguna untuk mengizinkan atau tidak mengizinkan orang tersebut mengakses pintu. Sistem akan melakukan pengenalan wajah ketika pengguna mengizinkan melalui *chat bot* telegram, sebaliknya sistem akan merekam video melalui USB *webcam* dan mengirimkannya kepada pengguna.

Skema sistem yang dirancang selanjutnya direalisasikan dengan peralatan/ komponen elektronik yang diperlukan.

3.1.1 Perancangan Blok Diagram

Tahap perancangan digambarkan dalam diagram blok seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem keseluruhan

Pada skema blok diagram di atas, ditunjukkan sistem yang akan dikerjakan mencakup 2 bagian yaitu bagian *hardware* dan bagian *software*. Pada bagian *hardware* yang dikerjakan adalah pengolahan data input yang berupa gerakan manusia dan wajah manusia. Gerakan manusia akan menjadi input yang akan memicu sensor PIR untuk mendeteksi gerakan kemudian membuat sistem mengirimkan notifikasi pada pengguna lalu akan muncul sebuah konfirmasi apakah akan merekam keadaan di depan kamera selama 3 detik atau menyalakan kamera untuk memulai proses pengambilan gambar wajah manusia yang ada di sekitar alat, jika sensor PIR tidak menerima pemicu gerakan maka alat akan berada pada posisi *idle*. Pengambilan gambar

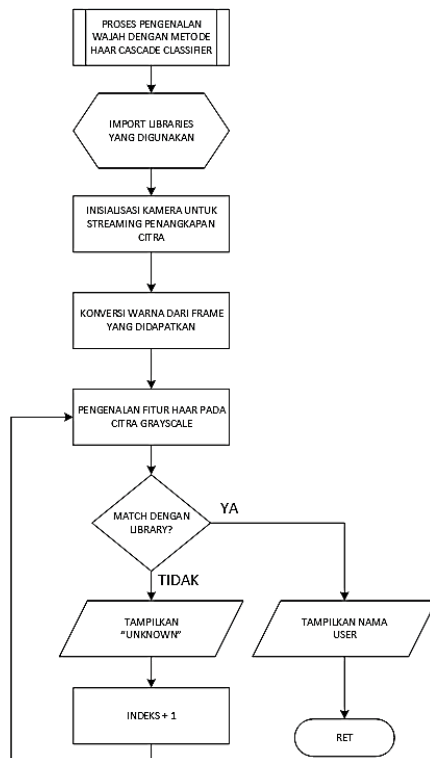
tersebut dilakukan selama proses pengenalan wajah berlangsung. Wajah yang dideteksi adalah wajah yang sebelumnya telah diinputkan ke dalam *dataset* pada program dan telah melalui proses *train model* sehingga fitur wajahnya telah dipelajari oleh mesin (perangkat). Ketika pengenalan wajah berhasil, maka raspberry pi akan memerintahkan pin yang terhubung dengan relay untuk membuka kunci *solenoid* dan mengirimkan notifikasi kepada *user* melalui bot telegram berupa pesan “pintu terbuka”. Namun, jika pengenalan wajah mengeluarkan hasil “*unknown*” maka raspberry akan memerintah pin yang terhubung dengan buzzer untuk menyalakan sistem alarm. Jika sebelumnya pengguna mengkonfirmasi bahwa hendak merekam video dahulu sebelum mengizinkan pengenalan wajah, maka data wajah yang telah tertangkap oleh kamera kemudian akan dikirimkan ke *chatroom* bot telegram sehingga dapat dimonitor oleh *user*.

Pada bagian *software* akan dilakukan integrasi *hardware* dengan bot Telegram melalui API yang telah disediakan oleh aplikasi tersebut. Pada aplikasi ini akan dilakukan integrasi sistem secara keseluruhan sehingga *hardware* akan dapat dimonitor berupa notifikasi dari alat ke *smartphone* dan *user* memiliki akses untuk *remote* alat tersebut.

3.1.2 Diagram Alir Perangkat Lunak

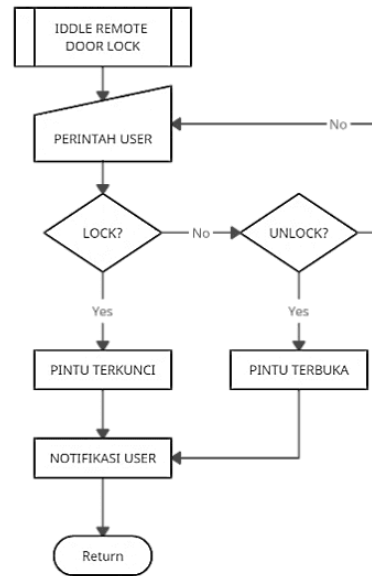
Berikut merupakan diagram alir perangkat lunak yang digunakan oleh sistem.

a. Diagram alir sistem pengenalan wajah



Gambar 2. Diagram alir sistem pengenalan wajah

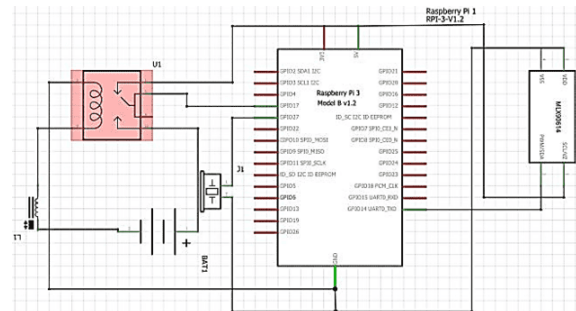
b. Diagram alir *idle* dan *remote*



Gambar 3. Diagram alir bagian *idle* dan *remote access*

3.1.3 Perancangan Skema Elektronik

Pada perancangan sistem, terdapat skema elektronik yang digunakan dalam tahap realisasi sistem ini yang ditunjukkan oleh gambar 4.



Gambar 4. Skema Elektronik Sistem *smart door lock*

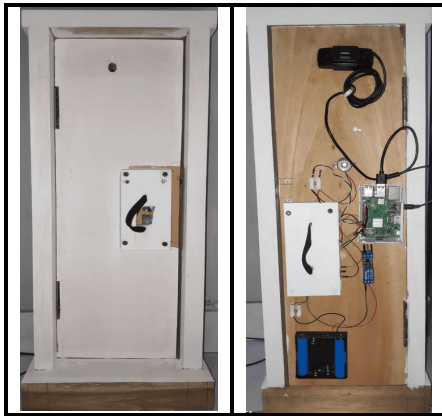
Diagram skematis pada gambar 4, terlihat bahwa raspberry pi dihubungkan dengan modul dan sensor.

Sensor PIR HC-SR501 digunakan sebagai penerima input gerakan manusia yang terjadi di sekitar alat, kemudian terdapat modul relay optocoupler *low-level* trigger 3.3V yang digunakan sebagai *switch* antara sumber tegangan dengan *solenoid lock* 12V yang terhubung dengan raspberry pi. Selain itu, terhubung pula indikator berupa LED dan *piezobuzzer* serta USB camera yang berfungsi untuk mengambil gambar/ video di depan alat.

3.2 Realisasi

Realisasi yang dilakukan merupakan hasil dari keseluruhan konsep sistem yang telah dirancang. Berikut realisasi sistem yang dilakukan terbagi menjadi dua bagian yaitu realisasi perangkat keras dan realisasi perangkat lunak.

3.2.1 Realisasi Perangkat Keras

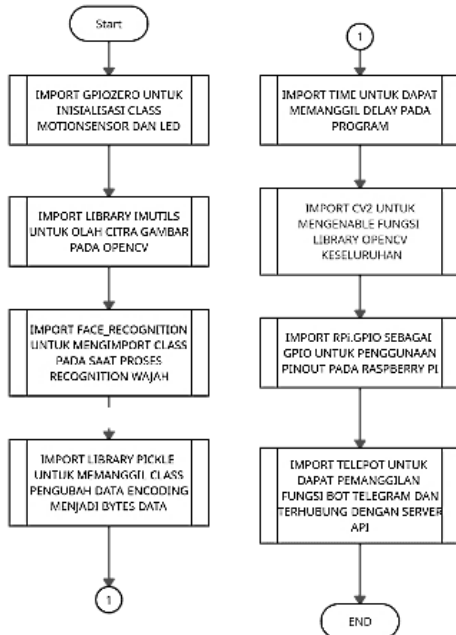


Gambar 5. Realisasi perangkat keras pada prototipe pintu

Pada Gambar 5 ditunjukkan hasil realisasi perangkat keras berdasar pada blok diagram dan skematis diagram yang telah dirancang menjadi sebuah prototipe berupa pintu berukuran 60x30 cm.

3.2.2 Realisasi dan Implementasi Perangkat Lunak

Pada tahap ini dilakukan pembuatan program dengan menggunakan bahasa pemrograman *python* dengan *library* – *library* pendukung yang ditunjukkan oleh gambar 6.



Gambar 6. *Library* yang digunakan dalam sistem

Selanjutnya dilakukan pengumpulan gambar wajah untuk proses *training model* pengguna supaya dapat dimengerti oleh sistem pengenalan wajah. Dataset yang dikumpulkan untuk dilakukan *training* adalah sebanyak 6 dataset yang berupa gambar positif (gambar dengan wajah) dengan *angle frontal face* sebanyak 30 gambar.



Gambar 7. Dataset pengujian sistem

Pada Gambar 7 ditunjukkan 6 dataset yang digunakan untuk pengujian sistem pengenalan wajah. Datasets tersebut terdiri dari 3 orang laki – laki dan 3 orang perempuan yang masing – masing memiliki gambar sebanyak 30 *file* dengan *angle* yang sedikit berbeda.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menghadapkan 10 subjek yang 6 lainnya telah dimasukkan ke *database* dan 4 orang lainnya tidak termasuk. Pengujian dilakukan dengan melakukan tes pada sistem apakah dapat mengenali atau tidak. Jika sistem mengenali orang tersebut, maka tampilan pada laptop akan mengeluarkan nama orang tersebut sesuai dengan yang telah dimasukkan ke dalam *database*, sebaliknya sistem akan memberikan label “*unknown*” kepada orang yang tidak termasuk ke dalam *database* sistem. Hasil dari pengujian ini dilakukan berulang dengan mengubah rentang nilai *tolerance* yang terdapat pada bagian program dimulai dari 0.4 dan bertambah 0.1 sampai nilai *tolerance* mencapai 0.8. Tujuannya untuk mengetahui pengaruh nilai tersebut berpengaruh terhadap akurasi sistem. Untuk mendapatkan akurasi, digunakan sebuah *confusion matrix* yang selanjutnya digunakan persamaan (1), (2), (3), dan (4) untuk menghitung performa yang didapatkan.

$$Acc = \frac{(TP + TN)}{(TP + TN + FP + FN)} \quad (1)$$

$$TPR = \frac{TP}{(TP + FN)} \quad (2)$$

$$TNR = \frac{FP}{(FP + TN)} \quad (3)$$

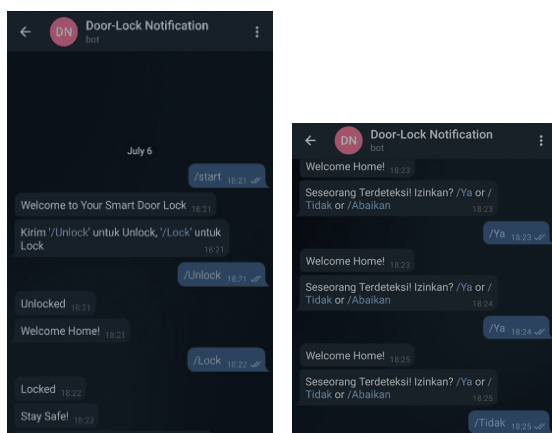
$$e = \frac{FP}{(FP + TN)} \times 100 \quad (4)$$

Hasil pengenalan yang dilakukan akan berpengaruh terhadap kondisi terbuka atau tidaknya *lock* pada pintu. Pada saat pengguna dikenali maka kunci akan terbuka, sebaliknya kunci akan tertutup.



Gambar 8. Tampilan *output* sistem pengenalan wajah

Selanjutnya, dilakukan pengujian akses *remote* pintu melalui *chat bot* telegram dengan tahap awal inialisasi oleh pengguna melalui *chatroom* kemudian memberikan perintah “/Unlock” untuk kemudian diamati apakah kunci berhasil terbuka atau tidak, selanjutnya pengguna mengirimkan perintah “/Lock” untuk mengunci pintu.



Gambar 9. Tampilan *chatroom* bot notifikasi telegram

Pada seluruh pengujian, pengguna akan mendapatkan notifikasi – notifikasi dan konfirmasi selama pengujian berlangsung, hal ini juga menjadi parameter pengujian sistem yang dibuat.

4.2 Data Pengujian

Hasil dari pengujian *smart door lock* dapat dilihat pada tabel 1. Terdapat pewarnaan berbeda untuk setiap hasil dimana warna hijau berarti *True Positive*, biru berarti *True Negative*, merah berarti *False Negative*, lalu kuning berarti *False Positive*.

Tabel 1a. Hasil pengujian sistem (*tolerance* = 0.4)

Nama	Trained Model	Hasil Sistem	Ekspektasi
Novan	Ya	Unlocked	Unlocked
Mama	Ya	Unlocked	Unlocked
Adhiya	Ya	Unlocked	Unlocked
Teh Atin	Ya	Unlocked	Unlocked
Aqilla	Ya	Unlocked	Unlocked
Abay	Ya	Unlocked	Unlocked
A Anwar	Tidak	Locked	Locked
Ka Eva	Tidak	Locked	Locked
Suci	Tidak	Locked	Locked
Asep	Tidak	Locked	Locked

Predicted Volume	Actual Value		
	n = 10	Positive (1)	Negative (0)
	Positive (1)	6	0
Negative (0)	0	4	

Tabel 1b. Hasil pengujian sistem (*tolerance* = 0.6)

Nama	Trained Model	Hasil Sistem	Ekspektasi
Novan	Ya	Unlocked	Unlocked
Mama	Ya	Unlocked	Unlocked
Adhiya	Ya	Unlocked	Unlocked
Teh Atin	Ya	Unlocked	Unlocked
Aqilla	Ya	Unlocked	Unlocked
Abay	Ya	Unlocked	Unlocked
A Anwar	Tidak	Locked	Locked
Ka Eva	Tidak	Unlocked	Locked
Suci	Tidak	Unlocked	Locked
Asep	Tidak	Unlocked	Locked

Predicted Value	Actual Value		
	n = 10	Positive (1)	Negative (0)
	Positive (1)	6	3
Negative (0)	1	0	

Tabel 1c. Hasil pengujian sistem (*tolerance* = 0.8)

Nama	Trained Model	Hasil Sistem	Ekspektasi
Novan	Ya	Unlocked	Unlocked
Mama	Ya	Unlocked	Unlocked
Adhiya	Ya	Locked	Unlocked
Teh Atin	Ya	Unlocked	Unlocked
Aqilla	Ya	Unlocked	Unlocked
Abay	Ya	Unlocked	Unlocked
A Anwar	Tidak	Unlocked	Locked
Ka Eva	Tidak	Unlocked	Locked
Suci	Tidak	Unlocked	Locked
Asep	Tidak	Unlocked	Locked

Predicted Value	Actual Value		
	n = 10	Positive (1)	Negative (0)
	Positive (1)	5	4
Negative (0)	1	0	

Berikut merupakan tabel hasil akumulasi pengujian akurasi berdasar nilai *tolerance* yang digunakan.

Tabel 2. Hasil akumulasi performa sistem

Persentase (%)	Nilai <i>tolerance</i>				
	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
Akurasi	100%	90%	60%	60%	50%
TPR	100%	100%	85.7%	85.7%	83.3%
FPR	0%	25%	100%	100%	100%
e	0%	10%	40%	40%	50%

4.3 Analisa dan Pembahasan

Tabel 2 menunjukkan hasil akumulasi persentase dari parameter – parameter yang diujikan sistem pengenalan dengan acuan nilai *tolerance* yang dinaikkan per 0.1 dimulai dari 0.4 sampai 0.8. Tabel tersebut menunjukkan bahwa akurasi sistem pengenalan dengan nilai *tolerance* 0.4 memiliki performa yang sangat baik karena mendapatkan *value* 100% dengan *error rate* 0% berdasar pada pengujian dan kalkulasi yang dilakukan. Hal ini membuktikan bahwa sistem telah dapat mengenali dan membedakan wajah *user* seperti yang terlihat pada tabel IV.1a yang terdaftar di *database*. Sedangkan pada nilai *tolerance* 0.5 memiliki tingkat akurasi sebesar 90% dengan *error rate* 10%, begitu pula ketika *tolerance* nya dinaikkan menjadi 0.6 sistem hanya memiliki akurasi sebesar 60% dengan *error rate* 85.7%, sedangkan pada nilai *tolerance* 0.7 dan 0.8 didapatkan tingkat akurasi dan error sebesar 60% dan 40%. Hal ini membuktikan bahwa sistem pengenalan wajah menggunakan metode *Haar-Cascade Classifier* dengan model HOG ini lebih cocok dengan nilai *tolerance* 0.4.

Mengacu pada teori, bahwa hasil evaluasi sistem pengenalan wajah dengan metode *Haar-Cascade* dan menggunakan teknik OpenCV yang menyatakan bahwa nilai presisi dan *recall* nya adalah 89% dan 55% jika dibandingkan dengan hasil uji dengan *dataset* yang terdiri dari 10 orang dengan 6 orang telah *ditrain* dengan gambar sebanyak 31 gambar dan 4 orang lainnya tidak *ditrain* mendapatkan nilai sebesar 100% untuk *recall* dan 100% untuk *precision*.

Pengujian fungsi *remote* melalui telegram berhasil sesuai fungsi yang diinginkan. Indikator LED merah pada bagian gagang pintu dapat memberitahu *user* ketika kunci pintu sedang terbuka / tertutup serta mendapatkan notifikasi ketika telah membuka dan menutup kunci pintu yang dapat terlihat pada Gambar 9. Gambar 9 bagian kiri menunjukkan tampilan notifikasi “Unlocked” kemudian “Welcome Home” yang didapatkan *user* ketika pintu telah dibuka melalui perintah “/Unlock” selain itu, *user* akan mendapatkan notifikasi “Locked” kemudian “Stay Safe!”. Selain notifikasi tersebut, *user* akan mendapat kan notifikasi ketika alat mendeteksi seseorang berada di sekitar alat.

Gambar 9 bagian kanan merupakan notifikasi yang didapatkan *user* ketika alat mendeteksi adanya gerakan dari orang di sekitar alat. Notifikasi tersebut akan mengatakan “Seseorang Terdeteksi! Izinkan? /Ya or /Tidak or /Abaikan”, dalam pesan notifikasi tersebut terdapat tiga pilihan interaktif yang dapat dipilih oleh *user*. Pilihan “/Ya” akan membuat sistem menjalankan sub proses untuk pengenalan wajah.

5. KESIMPULAN

Smart door lock yang dibuat telah berhasil mendeteksi adanya gerakan di sekitar alat dengan waktu *delay* sebesar 1 detik serta dapat mengirimkan notifikasi ketika seseorang terdeteksi oleh alat. Sistem pengenalan wajah pada *smart door lock* berhasil mengklasifikasi setiap subjek dengan tepat pada nilai *tolerance* 0.4 dengan akurasi sebesar 100% dan *error rate* 0%.

Hasil integrasi sistem dengan *chat bot* telegram untuk akses *remote* dan *monitoring* video melalui *chatroom* berhasil dengan *delay* yang didapatkan ketika pengguna memberi perintah “/Unlock” adalah sebesar 0.8 detik, sedangkan saat perintah “/Lock” adalah sebesar 1.2 detik.

Adapun saran yang mungkin berguna untuk pengembangan tingkat lanjut dengan topik yang sama adalah sebagai berikut.

1. Penggunaan teknik dan metode yang lebih modern.
2. Penggunaan *hardware* yang lebih baik dibandingkan dengan raspberry pi 3 B+.
3. Penambahan jumlah gambar pada dataset subjek yang *ditrain*.
4. Penggunaan adaptor AC-DC dibandingkan dengan penggunaan baterai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IDN Times, “Jejak Kasus Kriminal di Apartemen Kalibata,” 18 September 2020. [Online]. Available: <https://www.idntimes.com/news/indonesia/lia-hutasoit-1/jejak-kasus-kriminal-di-apartemen-kalibata-citybr/6>. [Diakses 18 2 2021].
- [2] R. Ramady, “Sistem Kunci Otomatis Menggunakan RFID Card Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3,” *Isu Teknologi STT Mandala*, vol. 14, 2019.
- [3] M. A. Ridwansyah, A. Rizal dan S. Hadiyoso, “Rancang Bangun Kunci Berbasis Suara pada Pintu Pintar dengan Menggunakan Metode Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) dan K-Nearest Neighbor (K-NN),” *eProceedings of Engineering*, vol. 3, no. 5, 2018.
- [4] M. Hirawan, “Implementasi Kunci Pintar Berbasis Smartphone Android,” *Majalah Ilmiah UNIKOM*, vol. 15, no. 2, 2017.
- [5] B. C. Perdana, “Perancangan Pintu Pintar Untuk Deteksi Wajah Nyata Berbasis Pengolahan Citra Digital Menggunakan Deteksi Gerak Fisiologis,” *e-Proceeding of Engineering*, vol. 4, no. 3, 2017.

- [6] M. Gulton, "Studi Aplikasi Smartlock Pada Pintu Rumah Dengan Arduino Berbasis Iot Dengan Sensor Suaraino Uno," *Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2020.
- [7] B. Susanto, F. Purnomo dan M. Faiq, "Sistem Keamanan Pintu Berbasis Pengenalan Wajah Menggunakan Metode Fisherface," *Jurnal Ilmiah INOVASI*, vol. 17, no. 1, 2017.
- [8] S. Abidin, "Deteksi Wajah Menggunakan Metode Haar Cascade Classifier Berbasis," *Jurnal Teknologi Elektronika*, vol. 15, no. 1.
- [9] D. Aryani, D. Iskandar dan F. Indriyani, "Perancangan Smart Door Lock Menggunakan Voice Recognition Berbasis Raspberry Pi 3," *iLearning Journal Center*, 2018.
- [10] S. Chang, D. Xiaoqing dan F. Chi, "Histogram of the Oriented Gradient for Face Recognition," *Tsinghua Science And Technology*, vol. 16, no. 2, pp. 216-224, 2011.