

HARDWARE DESIGN OF THE TOUCHLESS HAND CODE AND CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS - BASED AUTOMATIC DOOR SECURITY SYSTEM

Surya Prihanto*¹, Nazrul Effendy*², Nopriadi³

^{1,2,3}Intelligent and Embedded System Research Group, Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Email: ¹surya.prihanto@mail.ugm.ac.id, ²nazrul@ugm.ac.id, ³nopriadi@ugm.ac.id

(Article received: June 11, 2023; Revision: June 22, 2023; published: Desember 23, 2023)

Abstract

The spread of viruses and bacteria through touching door surfaces is essential in maintaining public hygiene and health. In this context, a hand-coded touchless automatic door hardware design has been developed to reduce the spread of diseases through touch. This research aims to create a plan that includes interface development and hardware design to open and close doors automatically without contact. In this research, the automatic door hardware response is tested based on the numeric input from the hand code represented by the numeric database. The input and output control is connected to Python's graphical user interface (GUI). The GUI system design involves tools to connect the Python programming language and the Arduino microcontroller. Based on the experimental results, the hardware design of the automatic door security system based on hand code and Convolutional Neural Networks functions appropriately.

Keywords: *Arduino, Automatic door, Convolutional Neural Networks, Hand Code, Virus.*

PERANCANGAN PERANGKAT KERAS SISTEM KEAMANAN PINTU OTOMATIS BERBASIS KODE TANGAN TANPA SENTUH DAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

Abstrak

Penyebaran virus dan bakteri melalui sentuhan permukaan pintu menjadi perhatian penting dalam menjaga kebersihan dan kesehatan publik. Dalam konteks ini, rancangan perangkat keras pintu otomatis tanpa sentuhan dengan kode tangan telah dikembangkan sebagai solusi untuk mengurangi penyebaran penyakit yang dapat terjadi melalui sentuhan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat rancangan yang mencakup pengembangan *interface* dan rancangan perangkat keras untuk membuka dan menutup pintu secara otomatis tanpa sentuhan. Dalam penelitian ini, dilakukan uji coba respon perangkat keras pintu otomatis berdasarkan input angka dari kode tangan yang diwakilkan dengan database angka. Kendali input dan output terhubung dengan *graphical user interface* (GUI) python. Pada perancangan sistem GUI melibatkan *tools* untuk menghubungkan bahasa pemrograman python dan *microcontroller* Arduino. Berdasarkan hasil pengujian, perancangan perangkat keras sistem keamanan pintu otomatis berbasis kode tangan dan *Convolutional Neural Networks* berhasil berfungsi dengan baik.

Kata kunci: *Arduino, Convolutional Neural Networks, Kode Tangan, Pintu otomatis, Virus.*

1. PENDAHULUAN

Penyakit *Covid-19* sudah mulai dapat dikendalikan penyebarannya, namun tidak menutup kemungkinan terjadinya mutasi virus kembali di masa depan sehingga bisa jadi pandemi yang mengancam nyawa manusia dapat terulang kembali. Penyebaran virus dan bakteri dapat juga terjadi di lingkungan rumah sakit, di mana penyebaran infeksi tersebut sering disebut juga sebagai infeksi nosokomial [1]–[3]. Infeksi nosokomial terjadi pada penderita, tenaga kesehatan, dan juga setiap orang

yang datang ke rumah sakit. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya bakteri, virus, parasit, dan jamur yang mungkin ada di udara, permukaan, atau peralatan di lingkungan rumah sakit tersebut [4]–[6]. Selain itu, tidak menutup kemungkinan penyebaran virus dan bakteri terjadi di luar lingkungan rumah sakit. Terkait dengan penyebaran virus dan bakteri sebagai penyebab penyakit ini, beberapa tindakan perlu dilakukan untuk mencegah hal tersebut. Salah satunya diusulkan penggunaan sistem akses masuk suatu ruangan tanpa kontak, karena penyebaran

penyakit oleh virus dapat terjadi melalui percikan droplet dan sentuhan berbagai macam benda [7], [8].

Pentingnya akses pintu otomatis tanpa sentuhan terletak pada kontribusinya dalam meningkatkan keamanan, kesehatan, dan kenyamanan dalam lingkungan yang beragam. Pada situasi di mana sentuhan langsung harus dihindari, seperti pandemi global yang disebarkan oleh suatu virus, pintu otomatis tanpa sentuhan menjadi solusi yang relevan. Salah satu metode pintu otomatis tanpa sentuhan yang diusulkan adalah dengan menggunakan kode tangan. Sistem kode tangan menggunakan teknologi pengenalan pola, di mana secara otomatis memungkinkan pengguna untuk membuka atau menutup pintu tanpa sentuhan langsung ke pintu.

Dalam merancang sebuah sistem akses pintu, dibutuhkan komponen perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan untuk pengembangan adalah berupa laptop, kamera, mikroprosesor, motor servo dan alat/bahan pendukung lainnya. Kamera yang digunakan berfungsi sebagai sensor untuk mendapatkan citra digital. Arduino UNO R3 digunakan sebagai *microcontroller* pengendali. Motor servo berfungsi sebagai *switch* pemindah buka tutup pintu otomatis dan kabel *jumper* sebagai penghubung keseluruhan perangkat keras. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan adalah bahasa pemrograman python dan Arduino IDE. Perangkat lunak yang digunakan berfungsi sebagai bahasa pemrograman pembuatan *graphical user interface* (GUI) dan bahasa pemrograman pengendali *microcontroller*.

Pada penelitian, uji coba perangkat keras pintu otomatis dilakukan menggunakan *database* kode tangan sebagai uji coba dasar pada pembangunan *prototype*. *Database* kode tangan yang digunakan terdiri dari tiga kode acak yang bertujuan untuk menguji tingkat respon pintu otomatis terbuka atau tertutup. Selain menguji respon kendali pintu, penelitian ini bertujuan untuk merancang desain pintu otomatis dengan kode tangan dimulai dari *input* kamera sampai *output* sistem. Penelitian ini berikutnya akan dikembangkan lebih lanjut menggunakan beberapa metode *machine learning*, antara lain jaringan syaraf tiruan [9]–[11], logika fuzzy [12]–[14], random forest [15]–[18].

Penelitian mengenai pintu otomatis telah banyak dilakukan dengan berbagai macam metode. Namun, penelitian pintu otomatis berkaitan dengan standar operasional protokol kesehatan belum banyak dilakukan. Salah satu penelitian pintu otomatis berkaitan dengan protokol kesehatan dilakukan oleh Fitrah mengenai sistem pintu otomatis dengan pendeteksi masker dan suhu tubuh berbasis *convolutional neural network (CNN)* [19]–[22]. Pada perangkat keras penelitian tersebut berhasil menggerakkan pintu jika menggunakan masker dan suhu sesuai dengan batasan standar protokol kesehatan. Kemudian penelitian yang lain dilakukan oleh Maulaawa dkk, mengenai sistem pintu otomatis

berdasarkan respon penyemprot *hand sanitizer* [23]. Pada perangkat keras penelitian tersebut berhasil menggerakkan pintu dan menyemprotkan *hand sanitizer* dengan jarak tangan tanpa sentuhan terhadap sensor ultrasonik kurang dari 11 cm. Selain itu, penelitian berbasis perancangan sesuai standar protokol kesehatan dengan pembuka pintu dirancang dengan mesin cetak 3D berbasis tekanan pada kaki [24]. Pada penelitian ini, dilakukan tiga desain *prototype* penekan kaki pada pintu dengan tekanan beban yang berbeda beda. Uji coba dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan parameter pencetakan yang sesuai dengan kebutuhan.

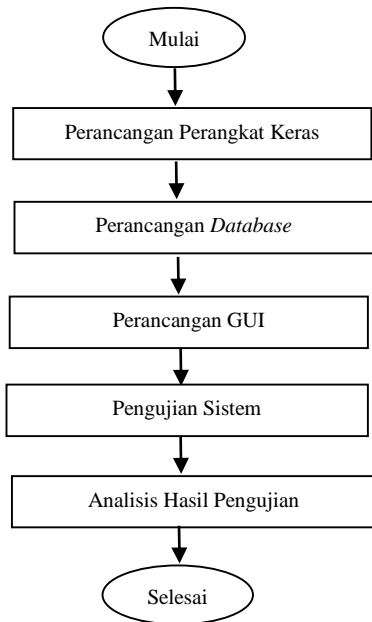
Berdasarkan penelitian sebelumnya, sebagai sebuah inovasi yang diharapkan dapat mengembangkan sistem pintu otomatis sesuai dengan standar protokol kesehatan dalam meningkatkan keamanan, kesehatan, dan kenyamanan, metode kode tangan memiliki keunggulan pada segi keamanan. Selain dari segi kesehatan dan segi kenyamanan, metode kode tangan ini menerapkan tiga kode angka secara acak sehingga lebih menjaga keamanan pada akses pintu ruangan.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, uji coba perangkat keras terbagi menjadi beberapa tahap yaitu tahap perancangan perangkat keras, perancangan *database* kode tangan, perancangan GUI, pengujian sistem, dan analisis hasil pengujian. Adapun tahapan penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Sebelum melakukan pengujian perangkat keras, dilakukan pengujian terhadap komponen penggerak pintu yaitu motor servo. Pengujian motor servo dilakukan dengan cara membandingkan nilai sudut digital dan nilai sudut manual.

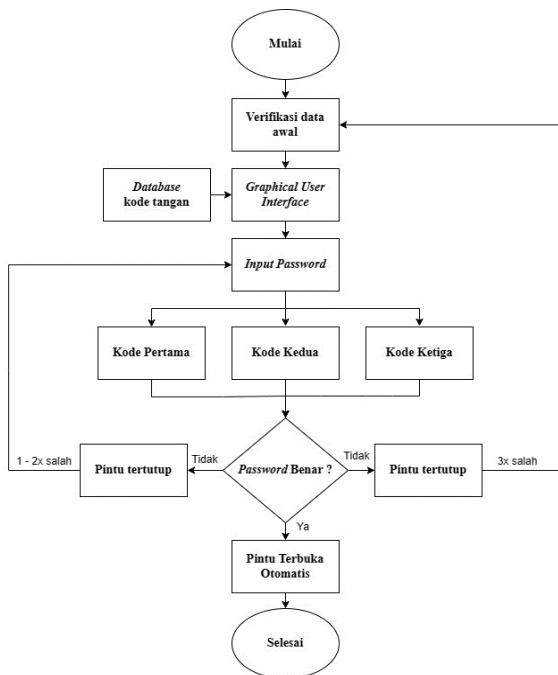
Setelah pengujian komponen, dilanjutkan pengujian perangkat keras. Penggunaan data pada pengujian perangkat keras dilakukan dengan *input database* tiga angka secara acak untuk mewakili pembacaan kode tangan. Keluaran pengujian perangkat keras berupa pergerakan pintu otomatis sesuai dengan *input database* angka. Untuk memvalidasi pengujian perangkat keras, penelitian ini menggunakan masukan *password* yang “salah”, sehingga sistem dapat mengetahui respon lain selain *password* masukan yang “benar”.

Tahap pertama pada penelitian ini adalah perancangan perangkat keras dimulai dari persiapan *microcontroller* Arduino UNO R3, servo motor, kabel *jumper* dan prototipe pintu otomatis [25], [26]. **Tahap selanjutnya** adalah perancangan GUI menggunakan bahasa pemrograman python [27], [28].



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Kemudian **tahap ketiga** berupa pembuatan *database* penyimpanan untuk menyimpan *password* yang benar, serta pembuatan *database* masukan untuk menyimpan *password* masukan. *Database input* berupa tiga angka secara acak untuk mewakili tiga angka kode tangan. **Tahap terakhir** adalah pengujian dan analisis perangkat keras dimulai dari percobaan verifikasi kode awal, *input password* hingga *output* respon dari pintu otomatis.



Gambar 2. Tahapan Pengujian Perangkat Keras

Selain meninjau respon pintu otomatis, tinjauan yang lain dilakukan pada respon sistem kesalahan. Jika pada *input password* mengalami 3x kesalahan, maka secara otomatis sistem akan mengulang dari awal untuk melakukan verifikasi data awal. Adapun

tahapan pengujian perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 2.

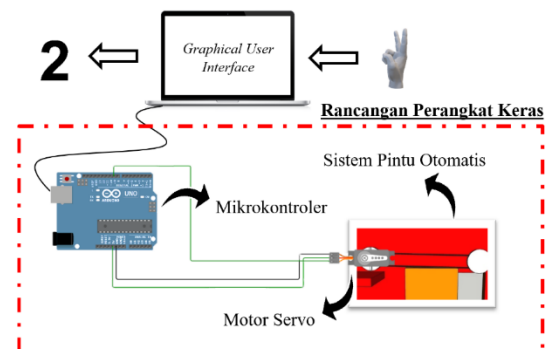
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini terdiri dari tiga bagian utama yaitu hasil desain perancangan perangkat keras, hasil perancangan *database* dan GUI, dan uji perangkat keras.

3.1. Hasil Rancangan Perangkat Keras

Rancangan perangkat keras pintu otomatis menggunakan *input* menggunakan kamera eksternal sebagai penangkap masukan gambar *input* citra digital. Proses *input* dilakukan dengan pergantian tiga kode tangan. Hasil dari penangkapan kamera diolah dengan model klasifikasi kemudian dilanjutkan ke sistem untuk disesuaikan dengan *database* kode *password* yang benar. Kemudian mikrokontroler arduino melanjutkan ke motor servo untuk membuka atau menutup pintu. Secara detail rancangan perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 3.

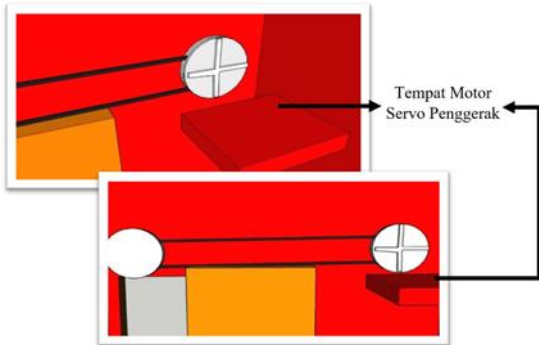
Rancangan suatu *Microcontroller* Arduino dapat diatur menggunakan bahasa pemrograman C++. *Library* penghubung bahasa pemrograman C++ dan python adalah library *PyFirmata* [29]–[32]. *Library* firmata mengimplementasikan protokol firmata untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak di komputer *host*. Sehingga dengan *PyFirmata* bisa menghubungkan beberapa bahasa pemrograman dengan bahasa Arduino IDE. Oleh karena itu, kontrol pada motor servo dapat dilakukan dengan perangkat lunak GUI python.



Gambar 3. Rancangan Perangkat Keras Pintu Otomatis dengan Kode Tangan dan Convolutional Neural Networks

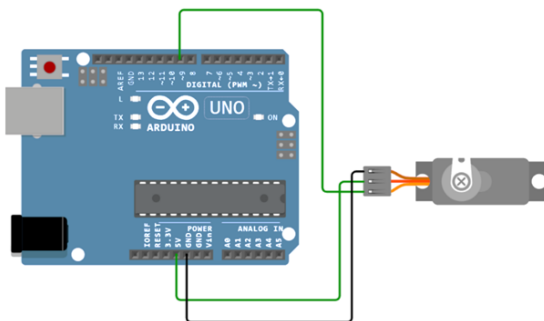
Pintu otomatis menggunakan sistem *sliding*, yakni dengan perputaran roda dengan prinsip sabuk atau rantai. Pada perancangan perangkat keras dibutuhkan dua roda dengan ukuran kecil dan ukuran besar. Motor servo diletakkan menempel dengan perputaran roda kecil. Arah putar roda kecil searah dengan roda besar, sehingga laju linear roda kecil dan roda besar sama. Oleh karena itu, untuk menggerakkan roda besar yang terhubung ke pintu, motor servo akan memutar roda kecil sehingga roda besar akan bergerak sejalan dengan roda kecil dan pintu akan

terbuka. Hal tersebut berlaku sebaliknya pada proses menutup pintu otomatis. Rancangan roda pintu dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 5 dan 6 memperlihatkan rangkaian elektronik dan perancangan prototipe sistem.

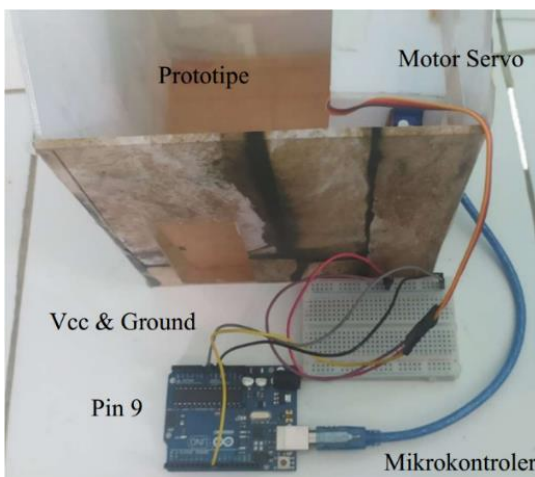


Gambar 4. Desain Roda Penggerak Pintu [33]

Pada Gambar 4 dan 5 terdapat rangkaian elektronik penggerak motor servo dengan Arduino. Motor servo memiliki tiga kabel berwarna yaitu warna merah sebagai *Vcc* 5 volt, warna coklat sebagai *ground* dan warna orange sebagai sinyal atau data. Kabel berwarna orange dihubungkan ke pin Arduino 9, karena pin Arduino 9 termasuk dalam jenis pin PWM (*pulse width modulation*). Pin PWM berfungsi sebagai pengolah sinyal untuk menghasilkan lebar pulsa yang dapat diubah-ubah pada siklus kerja yang berbeda.



Gambar 5. Rangkaian Elektronik Penggerak Pintu [33]



Gambar 6. Prototipe Perangkat Keras

3.2. Hasil Rancangan Database dan Graphical User Interface

Database yang dirancang terbagi menjadi dua bagian, yaitu database penyimpanan password benar dan database penyimpanan input password. Kedua database tersebut disimpan dalam bentuk txt file. Kelebihan dari .txt file adalah file tipe txt. dapat ditulis (*write*), disimpan (*save*), dan dipanggil (*load*) ketika diperlukan dalam bahasa pemrograman python. Database disimpan dalam satu folder dengan pengembangan GUI untuk kemudian dikonversi menjadi aplikasi dekstop.

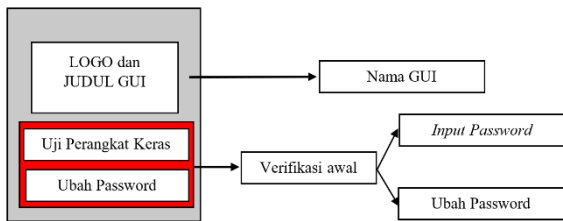
Tabel 1. Hasil Rancangan Database GUI

Input Password database	Tampilan	
	Database GUI	Database txt. file
121		
212		
341		
431		
514		

Hasil dari uji coba rancangan GUI dapat dilihat pada Tabel 1. Ketika mengubah kode password yang benar pada sistem database, maka file penyimpanan txt secara otomatis akan berubah menyesuaikan dengan input kode password “benar” yang diubah.

Pengembangan GUI menggunakan library *tkinter* python. *tkinter* adalah GUI python dan telah menjadi bagian dari pustaka standar Python [34], [35]. Salah satu kelebihan dari library *tkinter* python adalah sederhana. Untuk membuat proyek sederhana dapat dilakukan dengan cepat. File *py* *tkinter* tersebut dikonversi ke *exe* supaya lebih fleksibel apabila digunakan oleh pengguna. Konversi file *py* ke *exe* menggunakan library *Auto py to exe*. *Auto py to exe* adalah pustaka python khusus yang dapat mengonversi file Python .py menjadi file yang dapat dieksekusi atau file *exe*. Semua kode python dikemas dalam satu aplikasi tanpa harus *running* program python kembali. Rancangan GUI terdiri dari tampilan

input dan output. Tampilan input terdiri dari verifikasi data awal, menu *input password* angka uji perangkat dan menu input ubah password database. Tampilan *output* terdiri dari tampilan *password* benar atau salah dan tampilan *output* respon pintu otomatis berupa terbuka atau tertutup. Desain GUI sistem yang dirancang diperlihatkan pada Gambar 7. Sedangkan Hasil GUI berupa tampilan *input/output*, tampilan *ubah password* dan tampilan *password* “salah” ditunjukkan pada Gambar 8, 9 dan 10.



Gambar 7. Desain *Graphical User Interface*

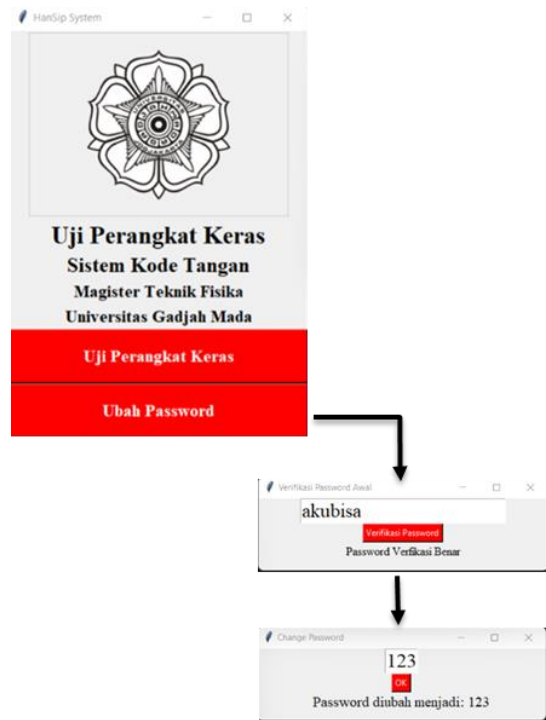
Pada Gambar 8, terdapat dua tampilan hasil pada uji perangkat keras. Jika *password* yang dimasukkan “salah”, maka akan ada tampilan dengan tulisan “password salah, pintu tertutup”. Sebaliknya jika *password* yang dimasukkan “benar”, maka tampilan akan ada tampilan dengan tulisan “password benar, pintu akan terbuka”.



Gambar 8. Tampilan *Input dan Output* [33]

Pada Gambar 9, terdapat tambahan menu ubah *password*. Tujuan dari tambahan menu tersebut adalah sebagai *interface* bagi pengguna apabila kode *password* pintu otomatis akan diubah. Tanpa harus melakukan program ulang pada bahasa pemrograman python. Sebelum melakukan proses ganti *password*, diperlukan masukan verifikasi awal sistem, hal

tersrbut diperlukan supaya tidak semua orang bisa mengganti *password* kode tangan. Selain itu, jika *password* verifikasi awal gagal, maka sistem akan menutup otomatis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Aplikasi pintu otomatis dapat digunakan kembali dengan cara menghubungi operator untuk melakukan verifikasi awal ulang. Dengan demikian, pintu otomatis memiliki sistem keamanan yang berlapis atau ganda.



Gambar 9. Tampilan *Ubah Password* [33]



Gambar 10. Tampilan *Password Salah* [33].

3.3. Hasil Pengujian Perangkat Keras

Pengujian motor servo dilakukan dengan membandingkan nilai pengukuran dari hasil digital

dengan pengukuran menggunakan alat ukur manual seperti busur, pengukuran maksimum adalah 180°. Hasil pengukuran sudut motor dapat dikatakan akurat dan galat antara sudut digital dan manual tidak terlalu jauh. Hasil pengujian motor servo dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kendali Motor Servo

Parameter Uji	Hasil Uji	
Koneksi	Terhubung	
Kendali Motor Servo	Sudut 0°	Berhasil
	Sudut 90°	Berhasil
	Sudut 180°	Berhasil

Pengujian perangkat keras dilakukan dengan kondisi *password* benar dan salah untuk mendapatkan respon pintu otomatis. Selain menguji respon perangkat keras, pengujian kesalahan *password* maksimum sebanyak tiga kali dilakukan. Hasil dari pengujian respon perangkat keras ditampilkan pada Tabel 3. Berdasarkan pengujian tersebut, respon sistem bekerja dengan baik. Kondisi motor servo bergerak dengan lancar dengan sudut 180° ketika *password* benar, dan kondisi motor servo tidak bergerak ketika *password input* salah. Selain itu, pengujian kondisi lain yakni dalam tiga kali kesalahan *password*, sistem bekerja dengan baik mengembalikan tampilan seperti awal. Dengan kata lain, kesalahan yang dilakukan tiga kali maka pengguna harus memasukkan *password* verifikasi awal kembali.

Tabel 3. Hasil Pengujian Perangkat Keras

Input Password angka	Password benar	Kondisi	
		Servo Motor	Pintu
123		Bergerak 180°	Terbuka
031 123	123	Bergerak 180°	Terbuka
213 321 123		Bergerak 180°	Terbuka
213 012 320		Tidak bergerak	Tertutup

4. KESIMPULAN

Seperti halnya penelitian pintu otomatis yang terus berkembang, pintu otomatis dengan kode tangan merupakan solusi inovatif yang menggabungkan aspek keamanan, kenyamanan, dan kesehatan dalam mengendalikan akses pintu. Dalam pengujian perangkat keras skala prototipe, dilakukan beberapa kali pengujian untuk mendapatkan respon dari kendali pintu secara otomatis. Berdasarkan hasil pengujian, dari segi *interface*, *database input*, dan prototipe perangkat keras berhasil dengan baik. Selain itu, *input* kode tangan yang diwakilkan dengan *database* angka berhasil terhubung dengan perangkat keras melalui komunikasi menggunakan GUI *python* yang telah dirancang. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa perancangan perangkat keras sistem keamanan pintu otomatis berbasis kode tangan

dan *CNN* berhasil berfungsi dengan baik. Motor Servo telah diuji berhasil bergerak dengan sudut 0°, 90°, dan 180°.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan fasilitas dan dukungan pendanaan bagi terlaksananya penelitian ini. Penelitian ini didanai oleh program hibah rekognisi tugas akhir Universitas Gadjah Mada No 5075/UN1.P.II/Dit-Lit/PT.01.01/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. N. Mukomena *et al.*, "Nosocomial infections and associated risk factors at two tertiary healthcare facilities in Lusaka and Copperbelt Provinces, Zambia," *Scientific African*, vol. 20, p. e01644, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.sciaf.2023.e01644.
- [2] M. Ahadi, A. H. Shams, and M. Yadollahi, "Effect of COVID-19 pneumonia infection control protocols on nosocomial infection incidence in trauma patients," *Chinese Journal of Traumatology*, May 2023, doi: 10.1016/j.cjtee.2023.05.001.
- [3] L. Wang, K. Ni, Y. Wang, H. Lu, J. Fang, and C. Chen, "Nosocomial Infections in Adult Patients Receiving Extracorporeal Membrane Oxygenation in China: A Retrospective Cohort Study," *American Journal of Infection Control*, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.ajic.2023.04.010.
- [4] S. Bhattacharyya, K. Dey, A. R. Paul, and R. Biswas, "A novel CFD analysis to minimize the spread of COVID-19 virus in hospital isolation room," *Chaos, Solitons & Fractals*, vol. 139, p. 110294, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.chaos.2020.110294.
- [5] U. Anand *et al.*, "The spread of the omicron variant: Identification of knowledge gaps, virus diffusion modelling, and future research needs," *Environmental Research*, vol. 225, p. 115612, May 2023, doi: 10.1016/j.envres.2023.115612.
- [6] Y. Tandjaoui-Lambiotte, A. Lomont, P. Moenne-Loetz, D. Seytre, and J. R. Zahar, "Spread of viruses, which measures are the most apt to control COVID-19?," *Infectious Diseases Now*, vol. 53, no. 2, p. 104637, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.idnow.2022.12.002.
- [7] Q. Chen, "Can we migrate COVID-19 spreading risk?," *Front. Environ. Sci. Eng.*, vol. 15, no. 3, p. 35, Jun. 2021, doi: 10.1007/s11783-020-1328-8.
- [8] Ambarwati and I. N. Pramudaningsih, "Pengetahuan dalam pencegahan penularan corona virus disease (covid)," *Jurnal*

- Keperawatan dan Kesehatan Masyarakat STIKES Cendekia Utama Kudu*, vol. 11, no. 2, pp. 108–116, 2022.
- [9] N. Effendy, S. Subagja, and A. Faisal, “Prediksi penyakit jantung koroner (PJK) berdasarkan faktor risiko menggunakan jaringan syaraf tiruan backpropagation,” in *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, 2008, pp. E19-24.
- [10] B. P. Adedeji and G. Kabir, “A feedforward deep neural network for predicting the state-of-charge of lithium-ion battery in electric vehicles,” *Decision Analytics Journal*, p. 100255, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.dajour.2023.100255.
- [11] J. Yang and J. Zhao, “A novel parallel merge neural network with streams of spiking neural network and artificial neural network,” *Information Sciences*, vol. 642, p. 119034, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.ins.2023.119034.
- [12] Y. Zhou, P. A. Ejegwa, and S. E. Johnny, “Generalized Similarity Operator for Intuitionistic Fuzzy Sets and its Applications Based on Recognition Principle and Multiple Criteria Decision Making Technique,” *Int J Comput Intell Syst*, vol. 16, no. 1, p. 85, May 2023, doi: 10.1007/s44196-023-00245-2.
- [13] B. Singh *et al.*, “Constrained neuro fuzzy inference methodology for explainable personalised modelling with applications on gene expression data,” *Sci Rep*, vol. 13, no. 1, Art. no. 1, Jan. 2023, doi: 10.1038/s41598-022-27132-8.
- [14] S. Arslankaya, “Comparison of performances of fuzzy logic and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) for estimating employee labor loss,” *Journal of Engineering Research*, p. 100107, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.jer.2023.100107.
- [15] S. N. Sembodo, N. Effendy, K. Dwiantoro, and N. Muddin, “Radial basis network estimator of oxygen content in the flue gas of debutanizer reboiler,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 12, no. 3, pp. 3044–3050, 2022, doi: 10.11591/ijece.v12i3.pp3044-3050.
- [16] D. E. P. Lebukan, A. N. I. Wardana, and N. Effendy, “Implementation of Plant-Wide PI-Fuzzy Controller in Tennessee Eastman Process,” in *2019 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic)*, Sep. 2019, pp. 450–454. doi: 10.1109/ISEMANTIC.2019.8884301.
- [17] N. Effendy, R. Imanto, and A. P. Tenggara, “Deteksi pornografi pada citra digital menggunakan pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan,” in *National Conference on the Information Technology Research (SRITI)*, 2008.
- [18] S. Nafisah and N. Effendy, “Voice Biometric System: The Identification of the Severity of Cerebral Palsy using Mel-Frequencies Stochastics Approach,” *International Journal of Integrated Engineering*, vol. 11, no. 3, Sep. 2019, doi: 10.30880/ijie.2019.11.03.020.
- [19] N. Effendy, D. Ruhyadi, R. Pratama, D. F. Rabba, A. F. Aulia, and A. Y. Atmadja, “Forest quality assessment based on bird sound recognition using convolutional neural networks,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 12, no. 4, Art. no. 4, Aug. 2022, doi: 10.11591/ijece.v12i4.pp4235-4242.
- [20] T. R. M. Fitrah, Y. Nurdin, and R. Roslidar, “Rancang Bangun Pengembangan Pintu Otomatis Pendeteksi Masker dan Suhu Tubuh Menggunakan Raspberry Pi 4,” *KITEKTRO-Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 7–14, 2021.
- [21] S.-Y. Huang, W.-J. An, D.-S. Zhang, and N.-R. Zhou, “Image classification and adversarial robustness analysis based on hybrid quantum-classical convolutional neural network,” *Optics Communications*, vol. 533, p. 129287, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.optcom.2023.129287.
- [22] Y. Cao, K. Ren, and Q. Chen, “Template matching based on convolution neural network for UAV visual localization,” *Optik*, vol. 283, p. 170920, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.ijleo.2023.170920.
- [23] A. N. Maulaawa, “Rancang Bangun Sistem Pintu Antisipasi Covid-19 Dengan Sanitizer Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Arduino,” *JATISI*, vol. 8, no. 3, pp. 1040–1048, Sep. 2021, doi: 10.35957/jatisi.v8i3.1030.
- [24] R. F. Suwandana and I. U. Hasanah, “The design of feet-based door opener to prevent the spread of coronavirus disease (Covid-19) through doorknob,” *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 17, no. 1, p. 48, Apr. 2021, doi: 10.36055/tjst.v17i1.9629.
- [25] H. Bhamre, S. Deshmukh, H. Shintre, P. Ghodke, and S. Shinde, “Design and development of bottle sorting machine using Arduino,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 77, pp. 1023–1027, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.02.252.
- [26] S. A. Wankhede, V. S. Kale, A. D. Shaligram, A. Patil, and D. K. Halwar, “IoT based dielectric constant measurement system for solid or semi-liquid materials using Arduino WeMos D1R1,” *Materials Today:*

- Proceedings*, vol. 73, pp. 474–480, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2022.10.022.
- [27] J. Chen, T. Jiang, D. Yu, and H. Hu, “Pattern-based circular reference detection in Python,” *Science of Computer Programming*, vol. 227, p. 102932, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.scico.2023.102932.
- [28] K. Liegeois, M. Perego, and T. Hartland, “PyAlbany: A Python interface to the C++ multiphysics solver Albany,” *Journal of Computational and Applied Mathematics*, vol. 425, p. 115037, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.cam.2022.115037.
- [29] T. Patel, J. Hendren, N. Lee, and A. D. Mickle, “Open source timed pressure control hardware and software for delivery of air mediated distensions in animal models,” *HardwareX*, vol. 11, p. e00271, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.ohx.2022.e00271.
- [30] M. S. Mohammed *et al.*, “Low-cost autonomous car level 2: Design and implementation for conventional vehicles,” *Results in Engineering*, vol. 17, p. 100969, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.rineng.2023.100969.
- [31] W. K. Sleaman, A. A. Hameed, and A. Jamil, “Monocular vision with deep neural networks for autonomous mobile robots navigation,” *Optik*, vol. 272, p. 170162, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.ijleo.2022.170162.
- [32] G. G. Morbioli, N. C. Speller, M. E. Cato, and A. M. Stockton, “An automated low-cost modular hardware and software platform for versatile programmable microfluidic device testing and development,” *Sensors and Actuators B: Chemical*, vol. 346, p. 130538, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.snb.2021.130538.
- [33] S. Prihanto, “Sistem keamanan pintu otomatis berbasis gerakan tangan menggunakan algoritma squeeze and excitation residual network,” Master Thesis, Universitas Gadjah Mada, 2023.
- [34] R. Yadav and H. Raheman, “Development of an artificial neural network model with graphical user interface for predicting contact area of bias-ply tractor tyres on firm surface,” *Journal of Terramechanics*, vol. 107, pp. 1–11, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.jterra.2023.01.004.
- [35] Y. El jariri *et al.*, “New tool in python for spectroscopic data analysis: Application to variable stars data from the Oukaimden and OHP observatories,” *Astronomy and Computing*, vol. 43, p. 100708, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.ascom.2023.100708.