

## **PENINGKATAN SISTEM KEAMANAN KUNCI PINTU RUMAH BERBASIS GSM DILENGKAPI *MACHINE LEARNING* UNTUK DETEKSI MANUSIA**

**Rachman Pandu Dewanata<sup>1</sup>, Bambang Sugiarto<sup>2</sup>, Sifa Nurpadillah<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik Universitas Garut, Garut, Jawa Barat, 44151, Indonesia

Korespondensi: Dewanatar@gmail.com

### ***ARTICLE HISTORY***

***Received:05-06-2023***

***Revised:22-06-2023***

***Accepointed:26-06-2023***

### **Abstrak**

Keamanan merupakan salah satu kebutuhan penting manusia. Menutup pintu dan menguncinya ketika meninggalkan rumah adalah salah satu contoh bukti pentingnya kebutuhan ini. Namun tidak menutup kemungkinan ada celah bagi pencuri untuk menyusup ke dalam rumah. Oleh karena itu perlu dilakukan keamanan tambahan berupa alat yang mampu mendeteksi manusia dan memberitahukan kejadian tersebut kepada pemilik rumah. Berdasarkan permasalahan tersebut, pada penelitian ini dibuatkan sistem keamanan dengan dilengkapi kamera yang dipasang disekitar pintu untuk memantau pergerakan objek sekitar pintu dengan menggunakan pustaka *tensorflow* dan *tinyML* yang dilengkapi komunikasi jaringan seluler dengan modul SIM800L sebagai komunikasi antara mikrokontroler dan pengguna serta kontrol kunci pintu dengan SMS. Hasil penelitian menghasilkan kinerja sistem yang optimal dengan sistem yang mampu mendeteksi manusia dengan persentase keberhasilan 80% pada lima jarak dan membedakan bukan manusia dengan persentase keberhasilan 100% pada lima jarak. Pada pengiriman notifikasi telepon kepada pengguna dibutuhkan waktu rata-rata delay 9,07 detik, rata-rata completion rate sebesar 87,5% dan kegagalan kirim sebesar 12,5%. Pada proses pengontrolan kunci pintu dengan SMS dibutuhkan waktu rata-rata delay 3,7 detik, delay action solenoid *doorlock* 1,2 detik dan delay kirim respon 6,8 detik dengan completion rate 100% dan rata-rata kegagalan kirim 0%. Sehingga sistem dibutuhkan waktu sekitar 11.7 detik saat mengirim perintah hingga mendapat respon.

**Kata kunci:** Deteksi Manusia, GSM, *Machine Learning*, Kunci pintu.

## ***GSM-BASED DOOR LOCK SECURITY SYSTEM IMPROVEMENT EQUIPPED WITH MACHINE LEARNING FOR HUMAN DETECTION***

### ***Abstract***

*Security is one of the most important human needs. Closing the door and locking it when leaving the house is one example of proof of the importance of this need. However, it is possible that there is a gap for thieves to infiltrate the house. Therefore, it is necessary to provide additional security in the form of a device that is able to detect humans and notify the homeowner of the incident. Based on these problems, in this research, a security*

*system is made with a camera installed around the door to monitor the movement of objects around the door using the tensorflow library and tinyML which is equipped with cellular network communication with the SIM800L module as communication between the microcontroller and the user and door lock control with SMS. The results of the study resulted in optimal system performance with a system capable of detecting humans with a success percentage of 80% at five distances and distinguishing non-humans with a success percentage of 100% at five distances. In sending phone notifications to users it takes an average delay of 9.07 seconds, an average completion rate of 87.5% and a send failure of 12.5%. In the process of controlling the door lock with SMS, it takes an average delay of 3.7 seconds, delay of door lock solenoid action of 1.2 seconds and delay of sending a response of 6.8 seconds with a completion rate of 100% and an average failure rate of 0%. So the system takes about 11.7 seconds when sending a command until it gets a response.*

**Key words:** *Door lock, GSM, Human Detection, Machine Learning.*

## 1. Pendahuluan

Menutup pintu dan menguncinya ketika meninggalkan rumah merupakan salah satu hal penting untuk keamanan. Sekalipun rumah telah memakai pengaman berupa pengunci pada pintu, namun tidak menutup kemungkinan ada celah bagi pencuri untuk menyusup ke dalam rumah, terutama jika pelakunya berpengalaman dan sudah beberapa kali melakukan hal yang sama. Oleh karena itu perlu dilakukan keamanan tambahan berupa alat yang mampu mendeteksi manusia dan memberitahukan kejadian tersebut kepada pemilik rumah. Pemberitahuan ini dapat menjadikan kesiagaan pemilik rumah ketika sedang tidak dalam pengawasan rumah[1].

Seiring kemajuan teknologi saat ini sudah diciptakan alat pengamanan yang mampu mengamankan rumah berupa pengamanan melalui kamera CCTV [2], kunci pintu dengan pengenalan wajah[3], kunci pintu dengan sidik jari[4] dan terdapat juga penelitian yang membuat sistem pengamanan pintu rumah[5] namun masih terdapat celah yang bisa dikembangkan kembali. Dari beberapa referensi teknologi yang telah diciptakan tersebut terdapat kekurangan yang masih bisa dikembangkan untuk menciptakan sistem keamanan pada rumah yang lebih baik. Dengan dikembangkannya teknologi keamanan pada rumah tersebut tentunya dapat membantu pemilik rumah dalam pengamanan tempat huniannya terutama pada saat sedang berpergian. Seperti penambahan teknologi pendeteksi objek ataupun pemberitahuan pintu yang tidak terkunci saat pemilik rumah berpergian.

Berdasarkan permasalahan tersebut, pada penelitian ini penulis membuat sistem keamanan pada pintu berbasis telepon (GSM). Sistem keamanan ini dilengkapi kamera yang dipasang disekitar pintu untuk memantau pergerakan objek sekitar pintu. Sistem keamanan pada pintu rumah ini tidak terintegritas melalui internet melainkan menggunakan komunikasi jaringan seluler GSM. Selain itu teknologi GSM ini juga dapat digunakan sebagai kontrol kunci pintu ketika pemilik sedang berpergian melalui fitur SMS dan telepon.

## 2. Metode

Pada point ini dijelaskan kerja sistem dan membahas apa saja yang diperlukan saat perancangan alat meliputi blok diagram sistem, flowchart dan skematik rangkaian.

### 2.1 Alat dan bahan

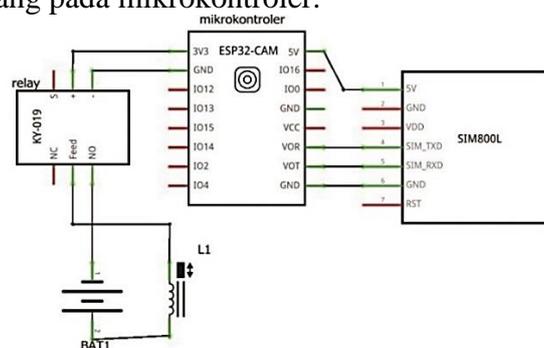
Dalam penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan seperti pada tabel 1.

**Tabel 1.** Alat dan bahan penelitian.

| Instrumen/alat           | Kegunaan   |
|--------------------------|--|
| Esp32-Cam                | Sebagai pusat kontrol dari seluruh sistem yang terintegrasi dengan kamera untuk deteksi objek. |
| Modul SIM800L            | Sebagai modul komunikasi pada jaringan GSM   |
| <i>Solenoid doorlock</i> | Sebagai kunci pintu elektrik yang dikendalikan dengan sinyal listrik                           |

### 2.2 Skematik Rangkaian

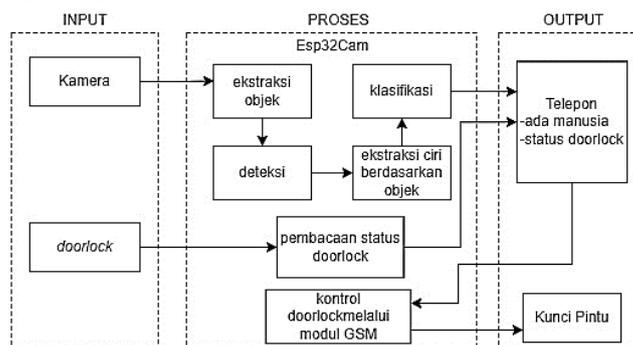
Berdasarkan skematik rangkaian pada gambar 1, peningkatan keamanan pada pintu rumah ini bekerja dengan input kamera yang akan menangkap adanya suatu objek didekat pintu. Hasil deteksi objek tersebut akan diteruskan ke mikrokontroler (esp32cam) untuk memproses dan menentukan apakah objek tersebut merupakan manusia atau bukan manusia. Setelah melakukan pendeteksian pada objek, selanjutnya sistem akan membaca status kunci pintu pada solenoid *doorlock* apakah dalam keadaan terkunci atau tidak terkunci. Setelah itu hasil deteksi objek dan pembacaan status kunci pintu tersebut akan dikirimkan ke nomor telepon pengguna berupa notifikasi telepon melalui modul GSM (SIML800) yang dipasang pada mikrokontroler.



**Gambar 1.** Skematik Rangkaian

### 2.3 Diagram Blok

Pada sistem keamanan ini dibuatkan suatu diagram blok dengan input, proses dan output seperti yang terlihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** Diagram blok sistem keseluruhan.

Pada gambar 2, data input Kamera yang didapat kemudian akan diproses esp32cam dengan pengolahan citra seperti Akuisisi citra yang dilakukan oleh kamera ketika menangkap adanya pergerakan dari suatu objek. Ekstraksi ciri objek, objek akan dibedakan apakah objek tersebut manusia atau bukan manusia. Deteksi objek, sistem akan melakukan pelatihan terhadap objek yang diekstrak untuk mendapatkan hasil objeknya. Ekstraksi ciri berdasarkan jenis objek, Sistem akan menentukan apakah objek tersebut masuk kedalam klasifikasi atau sebaliknya. Dan data input pada *doorlock* selanjutnya akan diproses oleh mikrokontroler esp32cam untuk membaca status pada *doorlock* tersebut apakah terkunci atau tidak terkunci. Output pada Deteksi Objek dan *doorlock* berupa notifikasi telepon kepada nomor pengguna dengan keterangan sesuai dengan hasil pada tahap proses. Setelah pengguna menerima notifikasi telepon dari sistem, maka pengguna dapat melakukan tindakan pada kunci pintu (*doorlock*) untuk mengunci pintu atau membiarkan kunci tersebut terbuka.

#### 2.4 *Machine Learning*

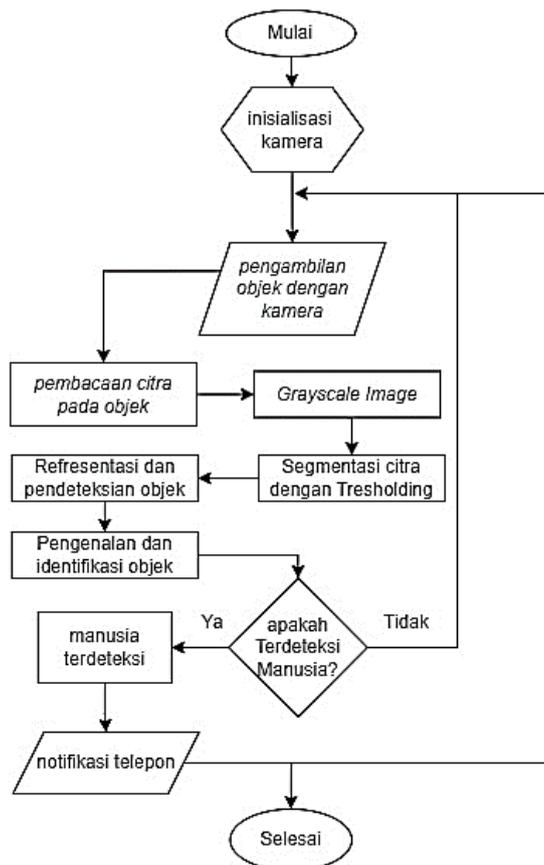
Teknologi *machine learning* (ML) adalah mesin yang dikembangkan untuk bisa belajar dengan sendirinya tanpa arahan dari penggunanya. *Machine learning* dikembangkan berdasarkan disiplin ilmu lainnya seperti statistika, matematika dan data mining sehingga mesin dapat belajar dengan menganalisa data tanpa perlu di program ulang atau diperintah.[6] Pemanfaatan *machine learning* yang diterapkan pada penelitian ini difungsikan sebagai metode untuk mendeteksi objek.

#### 2.5 *Supervised Learning*

Pada penelitian ini menggunakan teknik *Supervised Learning* untuk pembelajaran mesin. *Supervised Learning* merupakan teknik yang bisa menerima informasi yang sudah ada pada data dengan memberikan label tertentu. Label yang dimaksud adalah tag dari data yang ditambahkan dalam model *machine learning*. Sebagai contoh gambar kucing di tag “kucing” di tiap masing masing image kucing dan gambar manusia di tag “manusia” di tiap masing gambar manusia. Selain itu, pada proses pendeteksiannya dalam penelitian ini menggunakan *Tensorflow* yang merupakan pustaka *machine learning* memungkinkan untuk membuat dan melatih model pembelajaran mesin yang kompleks dengan cara yang relatif mudah[7]. Dengan kombinasi dari *TinyML* yang dapat membawa kemampuan pembelajaran mesin ke perangkat yang lebih kecil dan hemat energi, sehingga kemampuan dari kinerja sistem lebih efisien[8].

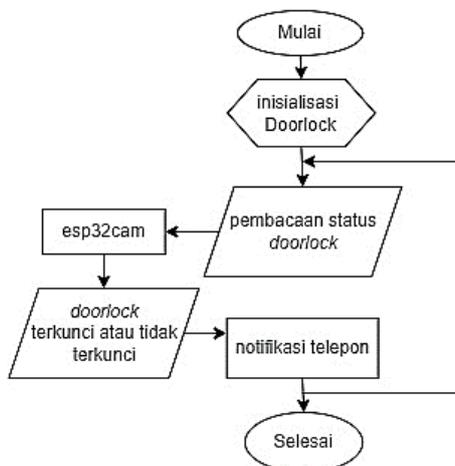
#### 2.6 *Flowchart*

Pada gambar 3, kamera akan bekerja dengan standby apakah disekitar pintu rumah terdapat suatu pergerakan dari objek. Jika terdeteksi suatu objek maka kamera akan mengkaptur dan akan diproses oleh esp32cam dengan *machine learning*. Pada prosesnya, *machine learning* akan menggunakan pustaka *tensorflow* dan *tinyML* untuk menentukan apakah objek tersebut merupakan manusia atau bukan manusia. Setelah itu jika objek yang terdeteksi tersebut adalah manusia maka sistem akan mengirimkan notifikasi telepon adanya manusia ke nomor handphone pemilik rumah.



**Gambar 3.** Flowchart deteksi manusia telepon deteksi manusia.

Setelah melakukan pendeteksian pada objek, selanjutnya sistem akan membaca status kunci pintu pada solenoid *doorlock* apakah dalam keadaan terkunci atau tidak terkunci dan memberikan notifikasi ke nomor telepon pengguna berdasarkan status solenoid *doorlock* yang terbaca seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.



**Gambar 4.** Flowchart notifikasi telepon status *doorlock*.

Pada saat *doorlock* dalam keadaan tidak aktif (kunci terbuka), maka pemilik rumah dapat melakukan kontrol kunci pintu (*solenoid doorlock*) tersebut dengan memberikan perintah melalui SMS sebagaimana *flowchart* pada gambar 5 berikut.



Gambar 5. Flowchart kontrol kunci pintu dengan SMS.

### 2.7 Prosedur Pengujian

Pengujian dan analisa yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian pendeteksian manusia dengan melakukan pengetesan alat deteksi (kamera) kepada beberapa objek dan jarak dari objek yang dideteksi, pengujian pembacaan status kunci pintu pada *solenoid doorlock*, menguji performansi dari kemampuan pengiriman dan penerimaan informasi dari modul GSM dan menguji aktuator ketika dilakukan kontrol dengan perintah dari SMS.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pada point ini akan dijelaskan mengenai bagaimana sistem akan diuji dan hasil pengujian tersebut akan di analisa. Pada tahap pengujian dilakukan dengan menguji masing-masing bagian dari sistem dan terakhir dilakukan pengujian keseluruhan. Setelah itu hasil pengujian tersebut akan di analisa mengenai keberhasilan dan kendala ketika pengujian.

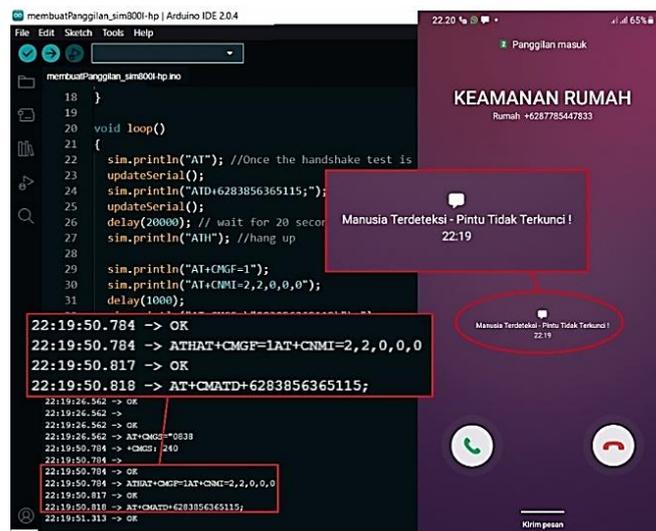
Tabel 2. Pengujian program deteksi manusia.

| Jarak dari kamera | Objek yang dideteksi | Hasil deteksi manusia | Keberhasilan deteksi          |
|-------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 2 meter           | Kucing               | Tidak terdeteksi      | 100% manusia tidak terdeteksi |
| 3 meter           | Kucing               | Tidak terdeteksi      |                               |
| 4 meter           | Kucing               | Tidak terdeteksi      |                               |
| 5 meter           | Kucing               | Tidak terdeteksi      |                               |
| 6 meter           | Kucing               | Tidak terdeteksi      |                               |
| 2 meter           | Manusia              | Terdeteksi            | 80% manusia terdeteksi        |
| 3 meter           | Manusia              | Terdeteksi            |                               |
| 4 meter           | Manusia              | Terdeteksi            |                               |
| 5 meter           | Manusia              | Terdeteksi            |                               |
| 6 meter           | Manusia              | Tidak terdeteksi      |                               |

Pada pengujian yang dihasilkan tabel 2, didapatkan hasil bahwa pendeteksian manusia pada jenis objek kucing dengan rentang jarak 2-6 meter tidak terdeteksi sebagai manusia dengan persentase keberhasilan 80%. Sedangkan pada jenis objek manusia dengan

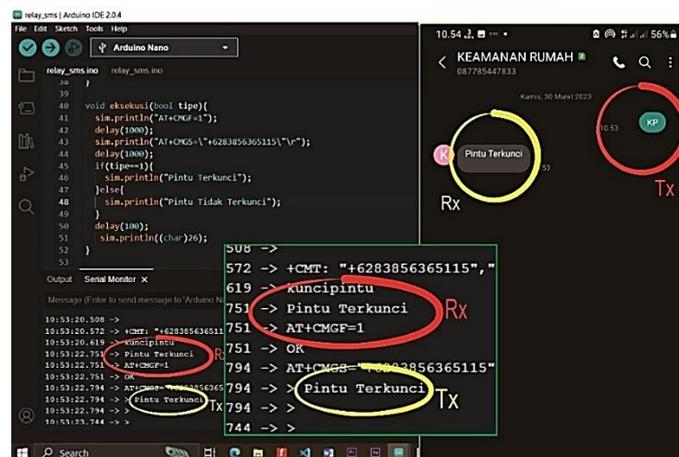
rentang jarak 2-5 meter manusia terdeteksi dan pada jarak 6 meter manusia tidak terdeteksi dengan persentase keberhasilan 100%. Hasil tersebut menerangkan bahwa jenis objek selain manusia tidak akan terdeteksi sebagai manusia dan pada jenis objek manusia akan terdeteksi sebagai manusia.

Pengujian selanjutnya pengiriman data dari mikrokontroler ke nomor telepon pengguna melalui notifikasi telepon dilakukan ketika sistem telah membaca data dari kamera dan solenoid *doorlock*. Pada gambar 6 disebelah kiri terlihat kinerja sistem ketika akan memulai panggilan. Selanjutnya dalam rentang waktu beberapa detik panggilan akan tersampaikan kepada handphone pengguna seperti yang terlihat pada gambar 6 sebelah kanan.

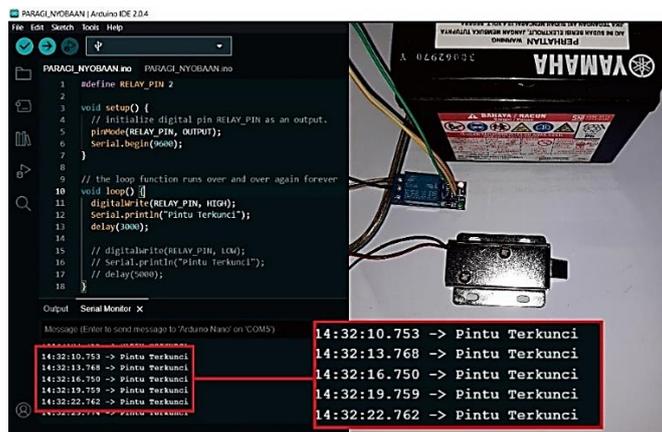


Gambar 6. Pengiriman dan penerimaan notifikasi.

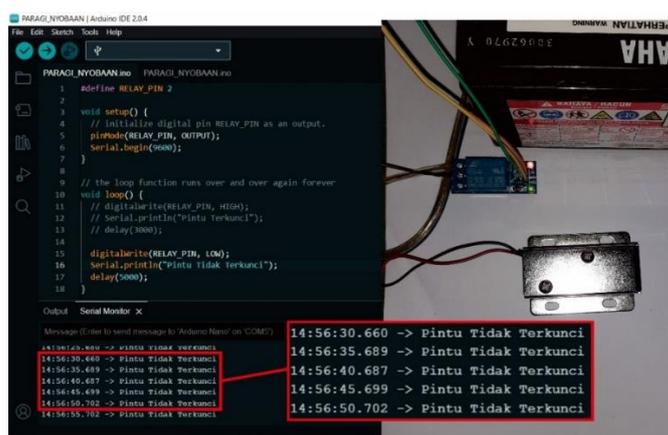
Pengujian pengiriman perintah dari handphone pengguna ke mikrokontroler melalui perintah SMS untuk mengontrol aktuatur oleh pengguna akan diterima oleh mikrokontroler dan akan memberikan sinyal ke relay untuk mengunci pintu dengan perintah "KP". Setelah pintu berhasil dikunci seperti pada gambar 8, maka sistem akan memberikan feedback notifikasi berupa pesan SMS dengan keterangan sesuai kondisi kunci pintu seperti pada gambar 7, begitupun sebaliknya untuk perintah buka kunci dengan perintah "BK" seperti pada gambar 9. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 5.



Gambar 7. Uji kontrol kunci pintu dengan SMS.



Gambar 8. Hasil pengujian perintah kunci pintu.



Gambar 9. Hasil pengujian perintah buka kunci.

Berdasarkan hasil pengujian pengiriman SMS ke mikrokontroller pada tabel 3, menunjukkan bahwa seluruh notifikasi SMS terkirimkan ke Mikrokontroller dengan rata-rata delay 2,9 detik.

Tabel 3. Hasil pengujian kirim sms ke mikrokontroler.

| Pengujian ke-   | $T_{sendSMS}$ | $T_{receive}$ | Acces Delay |
|-----------------|---------------|---------------|-------------|
| 1               | 10.53.20      | 10.53.22      | 2 deik      |
| 2               | 10.54.00      | 10.54.03      | 3 detik     |
| 3               | 10.54.40      | 10.54.42      | 5 detik     |
| 4               | 10.55.11      | 15.55.13      | 3 detik     |
| 5               | 10.55.53      | 10.53.57      | 4 detik     |
| 6               | 10.56.02      | 10.56.05      | 2 detik     |
| 7               | 10.56.39      | 10.56.40      | 3 detik     |
| 8               | 10.57.12      | 10.57.14      | 2 detik     |
| 9               | 10.57.40      | 10.57.42      | 3 detik     |
| 10              | 10.58.01      | 10.58.04      | 2 detik     |
| Completion Rate |               |               | 100%        |
| Rata-rata delay |               |               | 2,9 detik   |
| Kegagalan kirim |               |               | 0%          |

Pada pengujian sistem secara keseluruhan didapatkan data sebagaimana pada tabel 4 bahwa untuk mengirim notifikasi telepon kepada pengguna dibutuhkan waktu rata-rata

delay 9,07 detik dan rata-rata completion rate sebesar 87,5% dan kegagalan kirim sebesar 12,5%. Pada proses pengontrolan kunci pintu dengan SMS (handphone-mikrokontroler) dibutuhkan waktu rata-rata delay 3,7 detik dengan completion rate 100% dan Kegagalan kirim sebesar 0%. Dan pada proses respon mikrokontroler-handphone dibutuhkan waktu rata-rata delay 6,8 detik dengan completion rate 100% dan Kegagalan kirim sebesar 0%. Completion rate dan kegagalan kirim pada delay handphone-mikrokontroler dan mikrokontroler-handphone dihitung tanpa error. Error pada pengujian disebabkan modul SIM800L terkadang sulit menangkap jaringan 2G.

**Tabel 4.** Tabel pengujian sistem keseluruhan.

| Deteksi manusia | Status kunci pintu | Acces Delay Telepon | Kontrol kunci pintu dengan SMS |                       |                                |                              |
|-----------------|--------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
|                 |                    |                     | Perintah                       | Delay handphone-mikro | Delay action solenoid doorlock | Delay respon mikro-handphone |
| MT              | PT                 | 20 detik            | BK                             | 4,4 detik             | 1,2 detik                      | 10,5 detik                   |
| MT              | PT                 | Error               | -                              | -                     | -                              | -                            |
| MT              | PT                 | 16 detik            | KP                             | 2,4 detik             | 1,0 detik                      | 7,3 detik                    |
| MT              | PT                 | 7 detik             | KP                             | 4,2 detik             | 1,1 detik                      | 5,3 detik                    |
| MT              | PTT                | 8 detik             | BK                             | 3,9 detik             | 1,3 detik                      | 6,1 detik                    |
| MT              | PTT                | 8 detik             | BK                             | 3,6 detik             | 1,3 detik                      | 6,3 detik                    |
| MT              | PTT                | 6 detik             | KP                             | 3,8 detik             | 1,0 detik                      | 8,0 detik                    |
| MT              | PTT                | Error               | -                              | -                     | -                              | -                            |
| TMT             | PT                 | 8 detik             | BK                             | 3,6 detik             | 1,1 detik                      | 5,6 detik                    |
| TMT             | PT                 | 7 detik             | BK                             | 2,8 detik             | 1,1 detik                      | 7,7 detik                    |
| TMT             | PT                 | 9 detik             | KP                             | 4,6 detik             | 1,0 detik                      | 7,5 detik                    |
| TMT             | PT                 | 8 detik             | KP                             | 4,1 detik             | 1,5 detik                      | 5,3 detik                    |
| TMT             | PTT                | 9 detik             | BK                             | 4,0 detik             | 1,0 detik                      | 6,7 detik                    |
| TMT             | PTT                | 9 detik             | BK                             | 3,6 detik             | 1,1 detik                      | 9,6 detik                    |
| TMT             | PTT                | 6 detik             | KP                             | 4,4 detik             | 1,3 detik                      | 5,2 detik                    |
| TMT             | PTT                | 6 detik             | KP                             | 2,8 detik             | 1,1 detik                      | 5,2 detik                    |
| Rata-rata delay |                    | 9,07 detik          |                                | 3,7 detik             | 1,2 detik                      | 6,8 detik                    |
| Completion Rate |                    | 87,5 %              |                                | 100 %                 |                                | 100 %                        |
| Kegagalan kirim |                    | 12,5%               |                                | 0%                    |                                | 0%                           |

Keterangan : MT = Manusia Terdeteksi  
 TMT = Tidak ada Manusia Terdeteksi  
 PT = Pintu Terkunci  
 PTT = Pintu Tidak Terkunci  
 BK = Buka Pintu  
 PTT = Kunci Pintu

#### 4. Kesimpulan

Hasil penelitian menghasilkan kinerja sistem yang optimal dengan sistem yang mampu mendeteksi manusia dengan persentase keberhasilan 80% pada lima jarak dan membedakan bukan manusia dengan persentase keberhasilan 100% pada lima jarak. Pada pengiriman notifikasi telepon kepada pengguna dibutuhkan waktu rata-rata delay 9,07 detik, rata-rata completion rate sebesar 87,5% dan kegagalan kirim sebesar 12,5%. Pada

proses pengontrolan kunci pintu dengan SMS dibutuhkan waktu rata rata delay 3,7 detik, delay action solenoid *doorlock* 1,2 detik dan delay kirim respon 6,8 detik dengan completion rate 100% dan rata-rata kegagalan kirim 0%. Sehingga sistem dibutuhkan waktu sekitar 11.7 detik saat mengirim perintah hingga mendapat respon. Dalam penelitian dimasa yang akan datang disarankan pada saat memberikan respon ketika pengguna mengangkat telepon dari sistem dengan menggunakan fitur voice bot yang akan lebih memudahkan pengguna agar langsung mendapatkan informasi.

### Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada seluruh pihak sebagai *support system* yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk berkontribusi dalam menyelesaikan penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- [1] M. Shanthini, G. Vidya, and R. Arun, "IoT enhanced smart door locking system," *Proceedings of the 3rd International Conference on Smart Systems and Inventive Technology, ICSSIT 2020*, no. Icssid, pp. 92–96, 2020, doi: 10.1109/ICSSIT48917.2020.9214288.
- [2] P. E. Kresnha, E. Susilowati, R. Mujiastuti, and S. T. Saputra, "Perancangan Sistem Pengamanan Rumah Berbasis Human Detection Menggunakan Foto Dan Suara," *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 16, no. 2, p. 116, 2019, doi: 10.24014/sitekin.v16i2.6159.
- [3] R. Muwardi and R. R. Adisaputro, "Design Sistem Keamanan Pintu Menggunakan Face Detection," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 3, p. 120, 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i3.004.
- [4] A. Syaifuddin, D. Notosudjono, and D. B. Fiddiansyah, "Rancang bangun miniatur pengaman pintu otomatis sidik jari berbasis Internet of Things (IoT)," *Teknik Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 1–13, 2019, [Online]. Available: <https://jom.unpak.ac.id/index.php/teknikelektro/article/view/1194>
- [5] Alfaz Arya Baihaqi, "SISTEM KEAMNAN RUMAH PADA PINTU DAN JENDELA MENGGUNAKAN MIKROPROSESOR RASBERRY PI," Skripsi, Universitas Garut, Garut, 2021.
- [6] D. Bidang Kesehatan Fangatulo Dodo Telaumbanua, P. Hulu, T. Zulfiter Nadeak, R. Romeo Lumbantong, and A. Dharma, "Penggunaan Machine Learning".
- [7] "TensorFlow – Machine Learning Framework buatan Google - Biztech Academy." <https://biztechacademy.id/tensorflow-machine-learning-framework-buatan-google/> (accessed Feb. 24, 2023).
- [8] R. David *et al.*, "TENSORFLOW LITE MICRO: EMBEDDED MACHINE LEARNING ON TINYML SYSTEMS," 2021.