

Sistem Keamanan Rumah Berbasis Mikrokontroler Arduino dan SMS Gateway

Rahmat Tullah¹, Siti Maisaroh Mustafa², Dimas Eka Aji Nugraha³

^{1,2}Dosen STMIK Bina Sarana Global, ³Mahasiswa STMIK Bina Sarana Global

Email : ¹rahmatullah@stmikglobal.ac.id, ²sitimaisaroh@stmikglobal.ac.id, ³dimasnugraha@protonmail.com

Abstrak —Perkembangan pengetahuan dan teknologi saat ini mendorong manusia untuk terus berpikir kreatif. Juga sama halnya dengan pemanfaatan teknologi otomatis yang sudah sedemikian maju, sehingga untuk membantu aktivitas sehari-hari bisa dilakukan secara otomatis. Ketika otomatisasi dilakukan dengan terus menerus, maka hal ini bisa dimanfaatkan untuk membantu mengerjakan pekerjaan yang bersifat rutin. Salah satunya adalah sistem pengamanan suatu ruangan yang memang mutlak diperlukan. Dengan pengamanan yang baik, kejadian yang tidak kita harapkan dapat kita hindari. Pintu otomatis adalah salah satu jenis pengamanan yang banyak digunakan. Selama ini pintu pada umumnya menggunakan sistem konvensional yaitu kunci biasa yang memungkinkan terjadinya kelalaian. Tujuan dari pembuatan pintu otomatis menggunakan RFID berbasis mikrokontroler arduino uno adalah sebuah piranti untuk pengamanan suatu ruangan dengan lebih baik. Sistem ini terdiri dari tag RFID sebagai pengganti kunci, modul RFID yang mempunyai fungsi verifikasi, servo sebagai simulasi pengunci ruangan, dan modul *sim800l* sebagai pemberitahuan akses masuk. Penelitian ini menghasilkan sebuah prototype pintu otomatis yang dapat memberikan pesan berupa SMS ketika ada yang mencoba membuka pintu tersebut, hal ini sebagai multiple proteksi keamanan rumah.

Kata Kunci : Mikrokontroler, Arduino Uno, Pintu otomatis, RFID, *sim800l*.

I. PENDAHULUAN

Dunia industri memiliki peran yang sangat penting dalam perkembangan teknologi. Oleh karena itu manusia terus berinovasi untuk menciptakan teknologi tepat guna memudahkan pekerjaan manusia. Namun tidak bisa dipungkiri bahwa selain dampak positif dari teknologi yang semakin *modern*, diikuti pula oleh semakin tingginya tingkat kriminalitas di berbagai wilayah. Di Indonesia khususnya, beberapa tahun terakhir tingkat kejahatan mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, dengan jenis kejahatan yang semakin bertambah. Untuk mencegah semakin merebaknya tindak kejahatan, perlu upaya yang salah satunya adalah dengan memanfaatkan teknologi. Terkait pencurian di rumah, diperlukan teknologi pengamanan rumah yang salah satunya adalah pembuatan kunci pintu rumah otomatis.

Teknologi RFID tergolong teknologi baru yang berkembang pesat mengikuti teknologi yang lain. Teknologi yang digunakan oleh RFID sendiri sebenarnya sudah ada sejak tahun 1920-an. Suatu teknologi yang lebih dekat dengan RFID, yang dinamakan IFF transponder, beroperasi pada tahun 1939 dan digunakan oleh Inggris pada Perang Dunia II untuk mengenali pesawat udara yang melintas di wilayah tersebut adalah musuh atau sekutu.

Sistem kunci pintu rumah yang ada sekarang ini sebagian besar masih menggunakan kunci konvensional. Perkembangan teknologi digital memberikan solusi dalam sebuah sistem kunci sebagai pengamanan yang lebih baik.

Untuk menghadapi semakin meningkatnya kejahatan, terutama pencurian di ruangan misalnya di rumah, maka diperlukan perangkat yang dapat mencegah pencurian. Kunci pintu dengan teknologi *radio frequency identification* (RFID) ini akan membantu mencegah terjadinya pencurian. Teknologi RFID akan lebih sulit untuk dibajak atau digandakan kuncinya, karena teknologi ini masih jarang digunakan di rumah-rumah.

II. LANDASAN TEORI

A. Pengertian Sistem

Sistem didefinisikan sebagai kumpulan dari elemen-elemen berupa data, jaringan kerja dari prosedur-prosedur yang saling berhubungan, sumber daya manusia, teknologi baik hardware maupun software yang saling berinteraksi sebagai satu kesatuan untuk mencapai tujuan atau sasaran tertentu yang sama^[1].

B. Pengertian Arduino UNO

Arduino ditemukan oleh Massimo Banzi dan David Cuartielles dengan tujuan awal untuk membantu para siswa membuat perangkat desain dan interaksi dengan harga yang murah. Peluncuran pertama untuk jenis Arduino Uno R3 adalah jenis Arduino Uno R3 yang dikeluarkan pada tahun 2011. R3 sendiri berarti revisi ketiga jenis inilah yang akan digunakan untuk membuat proyek pintu otomatis.

Arduino Uno adalah jenis suatu papan (board) dengan berisi mikrokontroler yang berukuran sebesar kartu kredit yang dilengkapi dengan sejumlah pin yang digunakan untuk berkomunikasi dengan peralatan lain^[2]. Arduino adalah mikrokontroler serbaguna yang memungkinkan untuk diprogram. Program di Arduino biasa dinamakan dengan sketch. Arduino terdiri dari dua bagian utama yaitu sebuah papan sirkuit fisik yang sering disebut juga dengan mikrokontroler dan sebuah perangkat lunak (software) atau IDE yang berjalan pada komputer sebagai *compiler*.

C. Sensor Identifikasi

Radio Frequency Identification (RFID) adalah teknologi sensor yang mampu mengidentifikasi berbagai objek menggunakan gelombang radio. Sistem RFID terdiri dari 4 komponen yaitu RFID tag (*transponder*), antena, reader, dan interface software^[3].

D. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Mikrokontroler tersusun dalam satu chip dimana prosesor, memori, dan I/O terintegrasi menjadi satu kesatuan kontrol sistem sehingga mikrokontroler dapat dikatakan sebagai

komputer mini yang dapat bekerja secara inovatif sesuai dengan kebutuhan sistem^[4].

E. Motor Servo

Motor servo adalah salah satu jenis aktuator yang cukup banyak digunakan dalam bidang industri atau sistem robotika^[5]. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor servo.

F. Liquid Cristal Display

LCD adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik^[6]. LCD (*Liquid Cristal Display*) 16x2 dapat menampilkan sebanyak 32 karakter yang terdiri dari 2 baris dan tiap baris dapat menampilkan 16 karakter. LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi *CMOS logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. Lapisan pada LCD terbuat dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan *indium oksida* dalam bentuk tampilan.

G. Kabel Jumper

Kabel jumper adalah kabel elektrik untuk menghubungkan antar komponen di breadboard tanpa memerlukan solder. Kabel jumper umumnya memiliki connector atau pin di masing-masing ujungnya. Connector untuk menusuk disebut male connector, dan connector untuk ditusuk disebut female connector^[7].

H. I2C (Inter-Integrated Circuit)

I2C merupakan singkatan dari bus Inter Integrated Circuits yang secara langsung menjelaskan fungsi dasarnya yaitu menyediakan jalur komunikasi diantara Rangkaian Terintegrasi (Integrated Circuits – IC). Bus I2C bekerja berdasarkan prinsip master dan slave. Secara fisik sistem bus I2C terdiri dari 2 buah kawat aktif dan jalur catu daya serta ground. Dua buah kawat aktif yaitu SDA yang merupakan kepanjangan dari serial data dan SCL yang merupakan kepanjangan serial clock merupakan jalur kawat dua arah (*bidirectional*)^[8].

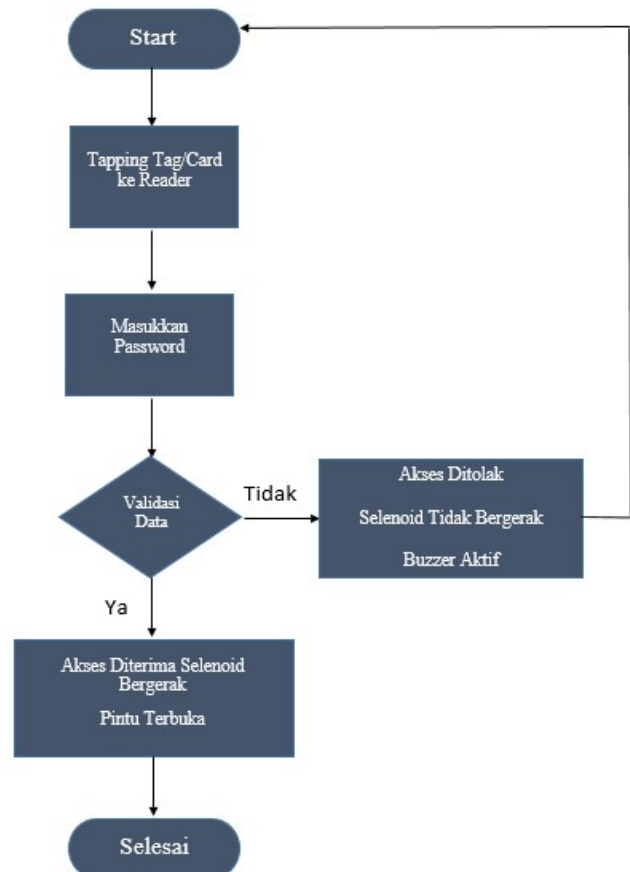
I. SIM800L

SIM800L adalah modul *GSM / GPRS quad-band* yang bekerja pada frekuensi GSM 850MHz, EGSM 900MHz, DCS 1800MHz dan PCS 1900MHz. SIM800L memiliki kelas multi-slot GPRS 12 / kelas 10 (opsional) dan mendukung skema pengkodean GPRS CS-1, CS-2, CS-3 dan CS-4. Dengan struktur yang kecil 15.8 * 17.8 * 2.4 SIM800L dapat memenuhi hampir semua persyaratan ruang pada aplikasi pengguna, seperti M2M, ponsel pintar, PDA dan perangkat mobile lainnya^[9].

III. ANALISA SISTEM YANG BERJALAN

A. Gambaran Umum Objek Yang Diteliti

Penelitian yang dilakukan oleh Diki Niko Sulistyo (2017) yang berjudul “Rancang Bangun Prototype Open Doorlock Menggunakan RFID Berbasis Arduino Mega 2560 (studi kasus pada STMIK Bina Sarana Global)” dalam penerapannya alat ini akan diterapkan pada pintu yang sifatnya solenoid dan buzzer sebagai pemberitahuan ketika berhasil maupun tidak.



Gambar 1. Flowchart Sistem Yang Diteliti

Proses pintu otomatis yang berjalan yaitu sebagai berikut:

- Tag diarahkan ke RFID reader.
- LCD akan menampilkan tulisan berupa permintaan untuk memasukkan *username* dan *password*.
- RFID reader akan melakukan validasi data yang hasilnya jika gagal maka LCD akan menampilkan tulisan untuk memasukkan kembali *username* dan *password*. Dan jika benar maka LCD akan menampilkan tulisan selamat datang.
- Jika proses validasi berhasil maka *action* lain yang dilakukan oleh alat ini adalah solenoid yang berperan menjadi sebuah kunci bergerak membuka dan juga buzzer yang ada sebagai pemberitahuan akan berbunyi.

B. Spesifikasi Alat Utama Yang Digunakan

Alat yang digunakan pada penelitian yang sudah ada tersebut adalah:

- RFID Reader, Mifare RC522 RFID Reader Module, yaitu sebuah modul berbasis IC Philips MFRC522.
- Mikrokontroler, Arduino Mega 2650 R3. adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560.

- c. LCD (Liquid Crystal Display) 16 x 2.
- d. Selenoid Door Lock 12 volt.
- e. Keypad Tipe 4x4 Membrane, keypad ini merupakan alat yang digunakan untuk menginput *username* dan *password*.
- f. *Buzzer*, merupakan sebuah alat yang digunakan sebagai pemberitahuan. Output yang dihasilkan adalah suara.

C. Masalah yang Dihadapi

Berdasarkan analisa yang dilakukan peneliti pada penelitian ini, maka terdapat beberapa masalah yang dihadapi, antara lain:

- a. Perlunya baterai sebagai cadangan *power supply* berupa pemindai *switching* otomatis apabila terjadinya listrik padam.
- b. Perlunya serial media tambahan yang dapat diinterkoneksi dengan alat komunikasi lainnya seperti *gadget* atau *handphone*.
- c. Perlunya sensor untuk mendeteksi pada saat terjadi pemaksaan buka pintu tanpa sesuai dengan prosedur yang benar.

D. Alternatif Pemecahan Masalah

Setelah mengamati dan meneliti dari beberapa permasalahan yang terjadi pada sistem yang berjalan, terdapat beberapa alternatif pemecahan dari masalah yang dihadapi, antara lain:

- a. Diperlukan sistem yang mencakup kekurangan dari sistem sebelumnya.
- b. Sistem baru melengkapi kekurangan dari sistem sebelumnya. Terdapat tambahan yang bisa diinterkoneksi dengan *gadget* pada sistem yang baru.

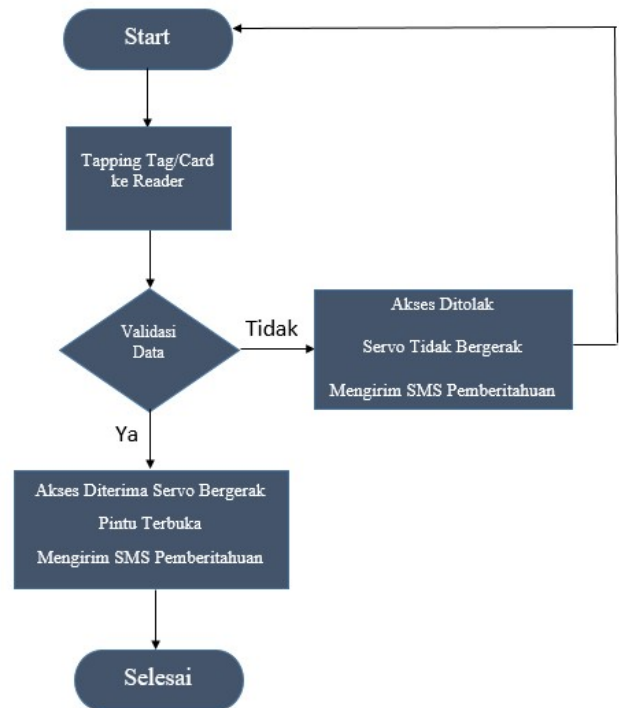
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Usulan Prosedur Yang Baru

Sistem baru yang diusulkan merupakan terobosan dalam mengembangkan sistem kerja yang ada. Sistem ini dapat mempermudah dan membantu apabila pengguna lupa untuk mengunci ruangan sehingga lebih efisien dalam mengamankan ruangan. Sistem ini juga efektif karena menjadikan SMS sebagai pemberitahuan. Dengan adanya sistem ini tentunya akan memberikan rasa aman dan nyaman pada pengguna..

B. Diagram Rancangan Sistem

Rancangan sistem ini adalah tahapan perancangan sistem yang akan dibentuk yang dapat berupa penggambaran proses-proses suatu elemen-elemen dari suatu komponen, proses perancangan ini merupakan suatu tahapan awal dari perancangan dari sistem alat yang diusulkan.

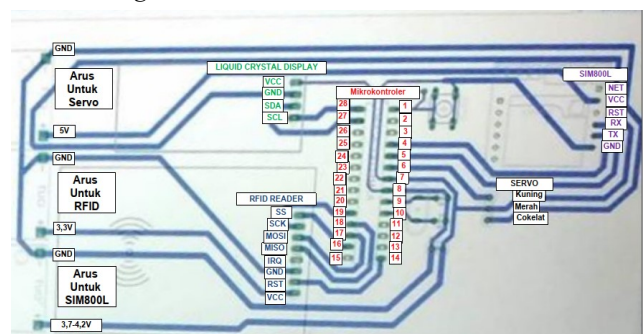


Gambar 2. Flowchart Yang Diusulkan

Proses pintu otomatis pada gambar 2 yaitu sebagai berikut:

- a. Tag diarahkan ke RFID reader.
- b. Sistem langsung melakukan validasi kesesuaian data, berbeda dengan sistem sebelumnya yang harus memasukkan *password* lagi untuk memastikan benar-benar aman.
- c. Jika akses diterima, *action* yang dilakukan oleh sistem adalah pemilik rumah akan mendapat SMS sebagai pemberitahuan bahwa akses berhasil, lalu LCD akan menampilkan ID dari orang yang masuk dan servo sebagai kunci akan terbuka.
- d. Jika akses gagal, pemilik rumah akan tetap mendapatkan SMS pemberitahuan bahwa telah ada yang mencoba untuk masuk namun gagal, LCD akan menampilkan tulisan bahwa akses ditolak dan servo sebagai kunci tetap dalam posisi terkunci atau tidak bergerak.

C. Perancangan Sistem

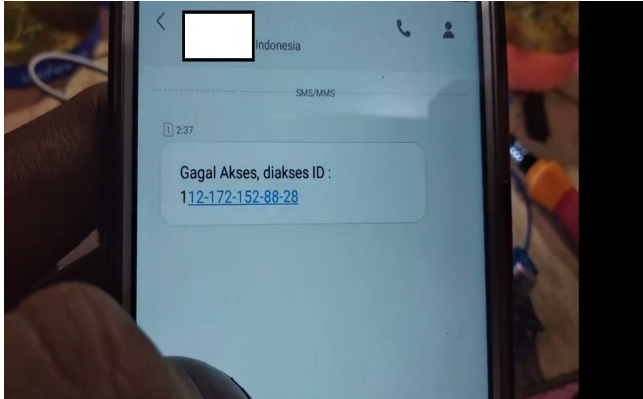


Gambar 3. Gambaran Perancang Sistem

Gambar 3 adalah rangkaian pemasangan seluruh komponen sistem. Dimana pada gambar tersebut penulis memuat gambar interaksi yang harus dilakukan oleh calon pengguna sistem jika ingin membuat dari awal. Terdapat beberapa komponen utama yang dituliskan. Semua harus terhubung satu sama lain sesuai dengan intruksi atau petunjuk gambar.

D. Implementasi Sistem

A. Akses Ditolak



Gambar 4. Action Pertama Saat Akses Ditolak

Pada gambar 4 ini merupakan *action* pertama pada sistem ketika akses ditolak. Action pertama yang dilakukan oleh sistem yaitu adalah menampilkan hasil SMS pemberitahuan yang dikirim oleh sistem dan memberitahukan bahwa ada yang mencoba ingin masuk tetapi akses ditolak. Untuk dapat menerima SMS pada nomor yang dituju ini, sistem ini sangat bergantung pada tiga hal. Yang pertama adalah listrik karena dia membutuhkan daya untuk menyala. Dan yang kedua adalah sinyal.

Hal ini dikarenakan sistem masih menggunakan kartu pada umumnya yaitu provider tertentu. Sehingga dalam penerapannya, standar kebutuhan untuk memenuhi syarat agar proses SMS dapat terjadi yaitu adalah pentingnya mendapatkan sinyal.

Lalu yang ketiga atau terakhir yaitu adalah pulsa atau saldo. Pulsa atau saldo merupakan salah satu kunci terjadinya proses SMS. Untuk mengatasi hal ini, saya sebagai penulis menyarankan agar menggunakan kartu yang menyediakan paket SMS supaya lebih efisien dan hemat.

Sistem yang digunakan sebagai perbandingan atau sistem sebelumnya hanya menggunakan *buzzer* sebagai pemberitahuan. Dan output yang dihasilkan hanya berupa suara. Berbeda dengan sistem yang diusulkan yakni sudah menggunakan *gadget* atau handphone sebagai media pemberitahuan.

Hal ini juga meneruskan kekurangan dari sistem sebelumnya yaitu tertulis bahwa sistem yang lama masih harus dihubungkan dengan *gadget*. Jadi, sistem yang baru ini melengkapi salah satu kekurangan dari sistem yang lama.



Gambar 5. Action Kedua Pada Saat Akses Ditolak

Gambar 5 ini menunjukkan *action* kedua yang dilakukan oleh sistem ketika akses ditolak. Yaitu LCD menampilkan tulisan yang memberitahukan bahwa akses ditolak.

Selain itu juga terdapat angka-angka yang berarti bahwa itu merupakan alamat dari kartu yang baru saja mencoba masuk. ID tersebut juga akan tampil pada SMS sehingga pemilik rumah yang menggunakan sistem ini akan tahu bahwa ada yang mencoba masuk atau membuka pintunya namun gagal yaitu adalah alamat yang sama dengan alamat yang tercantum pada LCD.

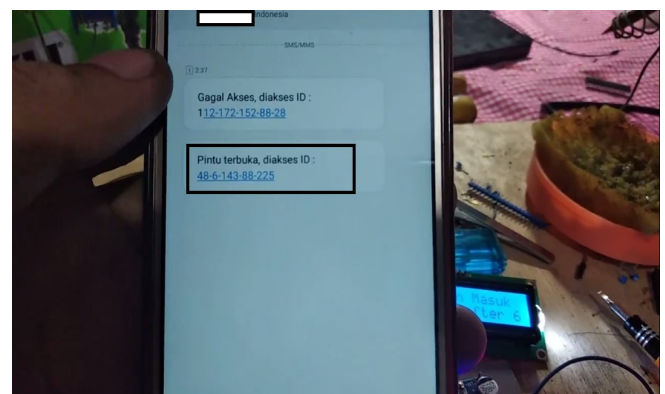
Ada fungsi spesial pada sistem baru ini yang tidak ada pada sistem yang lama. Yaitu dilakukannya *action* pemblokiran jika sistem gagal melakukan validasi data lebih dari 5 kali. Pada sistem yang lama, ada kekurangan yaitu tidak ada pemberitahuan jika ada upaya masuk dengan paksa. Dan pada sistem yang diusulkan ini untuk mencegah hal itu adalah dengan fungsi pemblokiran ini. Pemblokiran ini sifatnya hanya sementara yakni 20 detik atau bisa diatur pada code yang disisipkan pada sistem.



Gambar 6. Action Terakhir Pada Saat Akses Ditolak

Pada gambar 6 ini menampilkan *action* terakhir pada sistem yang diusulkan yaitu terdapat servo yang merupakan pengganti kunci tidak bergerak membuka ketika sistem gagal melakukan validasi atau gagal akses. Seperti pada gambar, simulasi pintu tidak akan terbuka karena masih terkunci dengan servo yang tidak bergerak tersebut.

B. Akses Berhasil



Gambar 7. Action Pertama Saat Akses Diterima

Gambar ini merupakan *action* pertama pada sistem ketika akses berhasil. Yaitu menampilkan hasil SMS

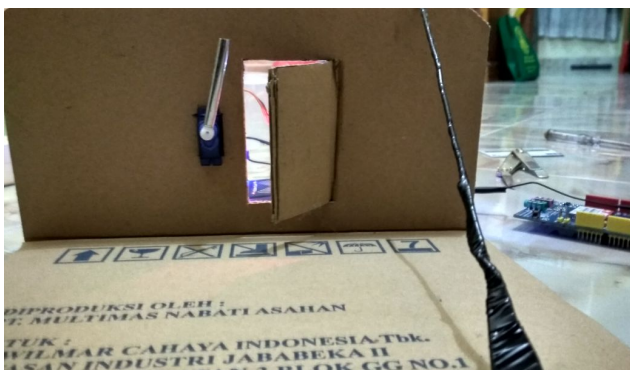
pemberitahuan yang dikirim oleh sistem dan memberitahukan bahwa pengguna dengan ID tercantum masuk dan diterima oleh nomor ponsel yang telah disisipkan pada sistem.

Hal ini sangat efektif dalam hal memberi informasi kepada pemilik rumah. Sistem ini pun dibuat dengan dasar menyadari bahwa *gadget* atau handphone sudah menjadi hal yang sangat vital dan hampir dimiliki oleh sebagian besar orang.



Gambar 8. Action Kedua Pada Saat Akses Diterima

Gambar 8 ini menunjukkan *action* kedua yang dilakukan oleh sistem ketika akses diterima. Yaitu LCD menampilkan tulisan selamat datang sekaligus memberi informasi bahwa akses diterima. Pada gambar tersebut ditampilkan juga alamat atau ID dari pengguna yang baru saja berhasil melakukan akses masuk. Terdapat kesamaan dengan sistem yang aksesnya ditolak dalam hal pemberitahuan, yaitu alamat atau ID juga ditampilkan pada LCD dan *gadget*. Hal ini dapat membantu untuk mengetahui atau memberikan informasi kepada calon pengguna sistem siapa yang mengakses pintu yang menggunakan sistem tersebut. Sedangkan perbedaannya adalah tulisan pemberituannya saja. Yaitu ketika akses berhasil sistem menuliskan kalimat selamat datang dan ketika akses ditolak sistem akan menuliskan kalimat sistem ditolak.



Gambar 9. Action Terakhir Pada Saat Akses Diterima

Gambar 9 ini menampilkan simulasi rumah dimana terdapat servo yang merupakan pengganti kunci bergerak membuka ketika akses berhasil dan mengunci otomatis kembali pada waktu yang diatur pada sistem.

Disisipkan pula didalam system yakni fungsi untuk mengunci kembali setelah 10 detik. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir kelalaian yang sering kali terjadi. Yaitu lupa mengunci kembali pintu setelah membukanya. Oleh karena

itu penulis berinisiatif untuk menambahkan fungsi tersebut. Dalam penerapan waktu untuk mengunci otomatis pun bias diatur dengan cara mengubah kode yang kemudian akan disisipkan kepada system. Jadi, untuk mengunci kembali setelah system atau pintu terbuka tidak harus 10 detik untuk dapat mengunci kembali dengan otomatis.

Berdasarkan pengumpulan data mengenai sistem baru yang telah dilakukan dari total 30 orang responden dengan detail keterangan sebagai berikut:

1. Alat dapat membuka pintu secara otomatis direspon setuju (S) dengan persentase 50%.
2. Alat dapat mengunci pintu secara otomatis direspon setuju (S) dengan persentase 47%.
3. Alat dapat memberi pesan pemberitahuan siapa yang mengakses pintu direspon setuju (S) dengan persentase 47%.
4. Alat bisa mencegah orang yang gagal mengakses secara terus-menerus direspon setuju (S) dengan persentase 60%.
5. LCD pada pintu menampilkan identitas yang mengakses masuk direspon setuju (S) dengan persentase 57%.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan dalam penelitian ini:

1. Penelitian ini telah membuktikan bahwa pengembangan teknologi khususnya keamanan perlu dikembangkan.
2. Penggunaan teknologi RFID dengan SMS Gateway sebagai fitur keamanan pemberitahuan atau notifikasi mampu menjadi alternatif baru dalam dunia keamanan. Teknologi ini memberikan kenyamanan kepada pemilik rumah agar tidak perlu khawatir, karena adanya fitur notifikasi via SMS ketika ada yang mencoba masuk ke dalam rumah. Penelitian ini perlu dikembangkan kembali terkait tingkat responsifitas, dan desain rancangan yang disesuaikan dengan kunci sesungguhnya pada sebuah rumah, sebagai bentuk implementasi rancangan keamanan rumah nantinya yang siap guna.

B. Saran

Saran atau masukan yang dapat penulis berikan untuk menunjang atau pengembangan sistem selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlunya power atau baterai cadangan untuk menyuplai berupa pemindai switching otomatis guna mengantisipasi listrik padam.
2. Perlunya sensor untuk mendeteksi pada saat terjadi pemaksaan buka pintu tanpa sesuai prosedur. Karena sistem ini baru menggunakan sistem blokir sementara untuk mengatasi hal tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maniah. *Analisis dan Perancangan Sistem Informasi*. Sleman: CV Budi Utama, 2017.
- [2] D. Baihaki, *Sistem Keamanan Pengendali Pintu Otomatis Berbasis Radio Frequency Identification (RFID) Dengan Arduino Uno R3*, Tangerang: STMIK Bina Sarana Global, 2017.
- [3] D. N. Sulisty, *Rancang Bangun Prototype Open Doorlock Menggunakan RFID Berbasis Arduino Mega 2560 (Studi Kasus Pada STMIK Bina Sarana Global)*, Tangerang: STMIK Bina Sarana Global, 2017.2

- [4] H. Santoso, *Arduino Untuk Pemula*, Trenggalek: Elangsakti, 2015.
- [5] Sujarwata, *Pengendali Motor Servo Berbasis Mikrokontroler Basic Stamp 2SX Untuk Mengembangkan Sistem Robotika*, Semarang: Universitas Negeri Semarang, 2013.
- [6] O. M. Sinaulan, *Perancangan Alat Ukur Kecepatan Kendaraan Menggunakan ATmega 16*, Manado: Universitas Sam Ratulangi, 2015.
- [7] K. Shaleh, *Sistem Pemantauan Ketianggalan Permukaan Air Berbasis Mikrokontroler Basic Stamp-2 Menggunakan Memory Stick Sebagai Penyimpanan Data*, Lampung: Universitas Lampung, 2013.
- [8] T. Y. Sulisty, *Komparasi Sistem Komunikasi Serial Multipoint Pada Robot Management Sampah Menggunakan I2C Dan SPI*, Malang: Universitas Brawijaya, 2014.
- [9] Shanghai SIMCom. *Wireless Solutions Ltd. SIM800L Hardware Design V1.00*. Shanghai, 2013.