

Pengembangan Sistem Keamanan Pintu Menggunakan Metode *Prototype* Berbasis RFID dan Keypad 4x4 dengan Arduino Nano

Eric Alfonsius^{1*}, Anna Stefanie Ruitan², Daniel Liuw³

^{1,2,3} Sistem Informasi, Universitas Sam Ratulangi, Indonesia

^{1*}ericalfonsius@unsrat.ac.id, ²annaruitan106@student.unsrat.ac.id,

³danielliuw106@student.unsrat.ac.id

Abstrak

Kata Kunci: RFID; Arduino; Keypad 4x4; Keamanan Pintu; Teknologi;

Keamanan akses keluar masuk ruangan menjadi salah satu aspek penting dalam menjaga privasi dan perlindungan aset. Sistem kunci mekanik tradisional memiliki keterbatasan karena hanya menyediakan satu lapisan keamanan, yang rentan terhadap pencurian dan duplikasi kunci. Seiring dengan perkembangan teknologi, khususnya dalam bidang Elektronika dan Informatika, berbagai inovasi telah dihadirkan untuk meningkatkan keamanan, salah satunya adalah teknologi RFID (*Radio Frequency Identification*). RFID memungkinkan identifikasi objek tanpa kontak langsung, namun kelemahannya adalah masih terbatas pada satu lapisan keamanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem keamanan berlapis menggunakan Arduino Nano yang memadukan teknologi RFID dan Keypad 4x4. Sistem ini dirancang untuk memastikan hanya pengguna yang memiliki kartu tag dan kode akses yang benar yang dapat membuka pintu. Dengan kombinasi RFID untuk identifikasi dan Keypad untuk verifikasi tambahan, sistem ini diharapkan mampu meningkatkan keamanan akses ruangan secara signifikan. Prototipe yang dikembangkan menawarkan solusi inovatif dalam sistem keamanan pintu, sehingga dapat diaplikasikan di berbagai tempat yang membutuhkan perlindungan ekstra seperti perkantoran, hotel, dan fasilitas lainnya. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian blackbox yang mencapai 100% dari beberapa hasil uji dari setiap item pengujian.

Abstract

Keywords: RFID; Arduino; Keypad 4x4; Security; Technology;

Security of room access is one of the important aspects in maintaining privacy and asset protection. Traditional mechanical key systems have limitations because they only provide one layer of security, which is vulnerable to theft and key duplication. Along with the development of technology, especially in the fields of Electronics and Informatics, various innovations have been presented to improve security, one of which is RFID (*Radio Frequency Identification*) technology. RFID allows object identification without direct contact, but its weakness is that it is still limited to one layer of security. This study aims to develop a layered security system using Arduino Nano that combines RFID technology and 4x4 Keypad. This system is designed to ensure that only users who have the correct tag card and access code can open the door. With a combination of RFID for identification and Keypad for additional verification, this system is expected to significantly improve room access security. The prototype developed offers an innovative solution in the door security system, so that it can be

applied in various places that require extra protection such as offices, hotels, and other facilities. This is evidenced by the results of the blackbox test which reached 100% from several test results from each test item.

1.PENDAHULUAN

Dalam era modern saat ini, teknologi keamanan pintu telah berkembang pesat untuk memenuhi kebutuhan perlindungan yang lebih tinggi [1]. Tidak hanya berfungsi sebagai akses utama keluar masuk, pintu kini dilengkapi dengan sistem keamanan canggih yang dirancang untuk memberikan perlindungan ekstra terhadap ancaman seperti pencurian dan akses tidak sah. Inovasi dalam teknologi seperti RFID, biometrik, dan integrasi dengan mikrokontroler seperti Arduino telah memungkinkan terciptanya solusi keamanan yang lebih efisien dan aman [2], [3].

Dalam kehidupan sehari-hari, sistem keamanan menjadi salah satu aspek yang sangat penting bagi setiap orang. Tingkat keamanan yang diterapkan sangat berpengaruh terhadap perlindungan barang berharga dan privasi [4]. Pintu, sebagai akses keluar masuk suatu ruangan, memiliki peran penting dalam sistem keamanan. Tindakan kejahatan seperti pencurian sering kali berkaitan dengan kelemahan sistem keamanan pintu. Penggunaan kunci mekanik pada pintu memiliki tingkat keamanan yang rendah karena hanya menawarkan satu lapisan perlindungan, yaitu kunci tunggal yang mudah digandakan.

Kemajuan teknologi, khususnya dalam bidang Elektronika dan Informatika, diharapkan mampu meningkatkan keamanan ruangan [5]. Salah satu inovasi yang digunakan adalah Arduino, jenis mikrokontroler yang sering dimanfaatkan untuk menciptakan solusi di berbagai bidang [6], [7], termasuk dalam memperbaiki sistem keamanan dengan mengintegrasikan perangkat elektronik lainnya.

Terdapat beberapa Penelitian terdahulu terkait sistem keamanan berbasis RFID dan keypad telah menunjukkan bahwa teknologi ini efektif dalam meningkatkan keamanan akses pada berbagai aplikasi, seperti pengunci pintu kios pajak Bahagia berbasis kecerdasan buatan dan RFID [8], sistem keamanan menggunakan fingerprint dan keypad pada rumah pribadi berbasis rumah pintar [9], dan fasilitas penting lainnya. Studi-studi sebelumnya mengungkapkan bahwa penggunaan RFID sebagai metode identifikasi memungkinkan proses autentikasi yang lebih cepat dan aman dibandingkan dengan kunci fisik, yang rentan terhadap duplikasi. Namun, beberapa penelitian juga menyoroti adanya risiko keamanan jika sistem hanya mengandalkan RFID, seperti kemungkinan pembajakan sinyal (*signal interception*) atau penggunaan kartu yang tidak sah. Untuk mengatasi hal ini, beberapa penelitian telah mencoba menggabungkan RFID dengan metode verifikasi tambahan, seperti input keypad, untuk menambahkan lapisan keamanan ekstra. Dengan demikian, penelitian ini melanjutkan pendekatan tersebut dengan merancang prototipe yang menggabungkan RFID dan keypad, serta melibatkan fitur keamanan tambahan seperti *lock-out*, guna mengurangi risiko akses tidak sah dan meningkatkan keamanan sistem secara keseluruhan.

RFID (Radio Frequency Identification) adalah teknologi identifikasi berbasis gelombang radio yang dapat mengidentifikasi objek tanpa kontak langsung [10]. Teknologi ini banyak digunakan sebagai pengganti kunci manual di gedung-gedung seperti hotel. Namun, kelemahan RFID adalah sistem ini hanya memiliki satu lapisan keamanan, sehingga cukup dengan mendekatkan kartu tag ke reader, pintu bisa dibuka oleh siapa saja. Oleh karena itu, diperlukan metode tambahan untuk memastikan pengguna kartu tag adalah orang yang berhak atau memiliki izin akses.

Untuk itu, dikembangkan sistem keamanan berlapis menggunakan Arduino Nano yang memadukan RFID dan Keypad untuk memastikan hanya pemilik kartu yang memiliki akses keluar masuk ruangan. Inilah yang melatarbelakangi penelitian berjudul "Prototipe Sistem Keamanan Akses Keluar Masuk Ruangan Menggunakan Teknologi RFID dan Keypad 4 X 4."

Penelitian ini memiliki beberapa kelebihan signifikan. Pertama, sistem yang dikembangkan menawarkan keamanan berlapis dengan menggabungkan teknologi RFID dan Keypad, sehingga memberikan perlindungan yang lebih kuat terhadap akses tidak sah dibandingkan dengan sistem keamanan yang hanya menggunakan satu teknologi. Kedua, penggunaan Arduino Nano sebagai

mikrokontroler membuat solusi ini biaya efektif, memungkinkan implementasi dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan sistem keamanan komersial lainnya. Ketiga, sistem ini memiliki fleksibilitas tinggi dan dapat dengan mudah disesuaikan untuk berbagai skenario keamanan, baik di perkantoran, hotel, maupun rumah pribadi.

Selain itu, kombinasi RFID dan Keypad membuat sistem ini mudah digunakan, sehingga pengguna dapat mengakses ruangan dengan cepat tanpa prosedur yang rumit, namun tetap dengan tingkat keamanan yang terjamin. Verifikasi ganda yang digunakan, yaitu melalui kartu RFID dan kode Keypad, memberikan peningkatan keamanan yang signifikan, mengurangi risiko akses ilegal meskipun kartu RFID dicuri atau diduplikasi. Penelitian ini juga menghadirkan inovasi yang relevan, sesuai dengan perkembangan teknologi keamanan berbasis IoT dan otomatisasi. Terakhir, prototipe yang dikembangkan dapat diimplementasikan secara luas di berbagai lokasi, dari bangunan komersial hingga tempat tinggal, memberikan fleksibilitas yang besar dalam penerapannya. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan sistem keamanan pintu yang memanfaatkan teknologi RFID dan keypad 4x4 sebagai metode akses, dengan Arduino Nano sebagai pengendali utama. Penggunaan teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan keamanan akses pintu dengan menyediakan sistem verifikasi ganda, yakni melalui identifikasi RFID dan input kode pada keypad. Melalui pengembangan prototipe ini, peneliti berupaya untuk menguji kinerja Arduino Nano dalam mengendalikan mekanisme akses pintu dan mengevaluasi efektivitas serta keandalannya dalam mencegah akses yang tidak sah. Di samping itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menghasilkan solusi yang praktis dan efisien dalam aplikasi keamanan pintu, yang dapat diterapkan di berbagai lingkungan seperti perumahan maupun perkantoran.

2. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini, peneliti menggunakan beberapa metode penelitian yang terkait dengan studi ini. Ini menjelaskan keseluruhan proses yang dilalui oleh peneliti dari awal hingga akhir. Berikut adalah metode penelitian yang diterapkan oleh peneliti.

2.1. Jenis dan Sumber Data

Dalam penelitian ini, sumber data yang digunakan oleh peneliti adalah subjek dari mana data tersebut dikumpulkan. Jenis data yang digunakan dalam penelitian empiris ini meliputi data primer, yaitu data yang diperoleh secara langsung dari permasalahan yang diangkat [11], dalam hal ini data proses penguncian pintu. Sesuai dengan prosedur yang berlaku, data primer diperoleh melalui observasi dan dokumentasi sedangkan untuk data sekunder menggunakan teknik studi literatur dengan melihat berbagai sumber terkait pembuatan kunci pintu otomatis.

2.2. Metode Pengumpulan Data

1. Pengumpulan Data Primer

Metode pengumpulan data primer dilakukan melalui observasi dan dokumentasi untuk mendapatkan data langsung terkait pengembangan sistem kunci pintu otomatis menggunakan keypad 4x4 dan Arduino Nano.

a. Observasi

Observasi dilakukan untuk mengamati langsung proses [12] pembuatan dan pengujian sistem kunci pintu otomatis. Beberapa hal yang diobservasi meliputi:

- **Perakitan Hardware:** Mengamati proses perakitan komponen seperti keypad 4x4, Arduino Nano, dan relay yang digunakan untuk mengontrol kunci pintu.
- **Pengujian Sistem:** Mengamati respons sistem saat kode yang dimasukkan melalui keypad 4x4 benar atau salah, serta bagaimana sistem membuka atau mengunci pintu secara otomatis.
- **Performa Sistem:** Mengamati kestabilan dan keandalan sistem saat dioperasikan, termasuk kecepatan respons dan daya tahan perangkat keras.

b. Dokumentasi

Metode dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan bukti fisik maupun digital yang berkaitan dengan proses pengembangan sistem [13], [14], [15]. Dokumen yang dikumpulkan meliputi:

- **Foto dan Video:** Pengambilan foto atau video proses perakitan, instalasi, dan pengujian sistem.
- **Manual atau Petunjuk Teknis:** Mendokumentasikan petunjuk instalasi perangkat keras dan konfigurasi perangkat lunak, termasuk diagram rangkaian.
- **Kode Program:** Mengarsipkan kode program Arduino Nano yang mengatur pengoperasian keypad dan sistem kunci.

2. Pengumpulan Data Sekunder

Metode pengumpulan data sekunder dilakukan melalui studi literatur yang relevan dengan pembuatan sistem kunci pintu otomatis berbasis Arduino.

a. Studi Literatur

Penelitian literatur dilakukan dengan meneliti berbagai sumber yang berkaitan dengan pengembangan [16], [17], [18], [19] sistem otomatis, khususnya yang melibatkan Arduino dan keypad 4x4. Beberapa sumber yang dipelajari meliputi:

- **Jurnal Ilmiah:** Artikel dan publikasi yang membahas tentang penggunaan Arduino untuk sistem keamanan, otomatisasi, dan kontrol akses.
- **Dokumentasi Produk:** Mempelajari datasheet dan manual teknis komponen seperti keypad 4x4, Arduino Nano, relay, dan motor servo yang digunakan untuk menggerakkan kunci pintu.
- **Proyek Open Source:** Mengkaji proyek-proyek open source serupa yang dapat memberikan referensi atau solusi untuk pengembangan sistem ini.
- **Buku atau Panduan:** Buku-buku teknis yang membahas implementasi mikrokontroler dan teknik-teknik kunci otomatis, serta aplikasi keypad dalam sistem keamanan.

Dengan menggabungkan metode observasi, dokumentasi, dan studi literatur, diharapkan data yang diperoleh dapat mendukung pengembangan sistem kunci pintu otomatis berbasis keypad 4x4 dengan Arduino Nano secara optimal.

2.3. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Pembuatan Sistem Kunci Pintu Otomatis Menggunakan Keypad 4x4 dan Arduino Nano

1. Alat-Alat

Berikut adalah alat-alat yang digunakan untuk merakit dan menguji sistem:

- Soldering Iron (Setrika Solder): Untuk menyambung kabel dan komponen elektronik.
- Breadboard: Untuk membuat rangkaian sementara dan menguji koneksi sebelum menyolder.
- Kabel Jumper: Untuk menyambung komponen di breadboard dan Arduino.
- Obeng dan Tang: Untuk memasang dan menyesuaikan bagian fisik dari kunci pintu.
- Multimeter: Untuk mengukur tegangan dan memeriksa konektivitas rangkaian.
- Komputer/Laptop: Digunakan untuk mengembangkan kode program dan mem-flash kode ke Arduino Nano.
- USB Cable (Mini-B): Untuk menghubungkan Arduino Nano ke komputer.
- Power Supply atau Adapter: Sebagai sumber daya untuk sistem ketika Arduino sudah diinstal.

2. Bahan-Bahan

Berikut adalah komponen dan bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem:

- Arduino Nano: Mikrokontroler utama yang akan digunakan untuk memproses input dari keypad dan mengendalikan kunci pintu.
- Keypad 4x4: Perangkat input yang digunakan untuk memasukkan kode akses ke sistem.
- Relay Module: Untuk mengendalikan daya ke kunci pintu atau aktuator berdasarkan input dari Arduino.
- Servo Motor atau Solenoid Lock: Untuk membuka dan mengunci pintu secara otomatis sesuai dengan instruksi dari relay.
- Buzzer: Sebagai indikator suara untuk menginformasikan keberhasilan atau kesalahan dalam memasukkan kode.
- LED (Merah dan Hijau): Sebagai indikator visual, merah untuk kesalahan, dan hijau untuk keberhasilan memasukkan kode.
- Resistor: Untuk mengatur arus pada LED dan komponen lain.

- Diode: Melindungi komponen dari arus balik, terutama pada relay dan motor.
- Breadboard: Untuk merangkai komponen secara sementara selama pengujian.
- Kabel Jumper: Untuk menghubungkan komponen di breadboard dan Arduino Nano.
- Adaptor DC 12V atau 9V: Sebagai sumber daya utama untuk sistem jika tidak menggunakan daya dari komputer.
- Kabel Listrik: Untuk menghubungkan komponen dan sumber daya.
- Kunci Pintu Elektronik (Solenoid): Komponen kunci yang akan digerakkan oleh sistem untuk membuka dan mengunci pintu.
- Kardus atau Plastik Kotak Prototipe: Untuk membuat casing sederhana bagi sistem dan melindungi komponen dari debu atau kerusakan fisik.

Dengan alat dan bahan tersebut, sistem kunci pintu otomatis berbasis keypad 4x4 dan Arduino Nano dapat dirakit dan diuji sebelum diinstal secara permanen pada pintu yang diinginkan.

2.4. Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem menggunakan metode prototype cocok untuk proyek ini karena memungkinkan peneliti atau pengembang untuk menciptakan model awal (prototipe) yang dapat diuji dan diubah secara iteratif berdasarkan umpan balik. Berikut adalah tahapan pengembangan sistem sesuai dengan metode prototype:

1. Pengumpulan Kebutuhan

Tahap pertama dalam metode prototype adalah pengumpulan kebutuhan. Pada tahap ini, dilakukan identifikasi kebutuhan sistem yang akan dikembangkan, baik dari segi perangkat keras (hardware) maupun perangkat lunak (software). Aktivitas utama pada tahap ini adalah:

- Menentukan fungsi utama sistem, yaitu mengunci dan membuka pintu secara otomatis menggunakan keypad.
- Mengidentifikasi komponen yang diperlukan seperti Arduino Nano, keypad 4x4, relay, motor servo atau solenoid lock, dan LED indikator.
- Mengumpulkan spesifikasi kebutuhan pengguna, seperti durasi kunci otomatis, batas maksimal percobaan kode yang salah, dan tingkat keamanan.
- Mendiskusikan kebutuhan spesifik dari pengguna (jika ada), misalnya panjang kode akses, metode pemberitahuan (buzzer, LED), atau kebutuhan cadangan daya.

2. Pembuatan Prototipe Awal

Setelah kebutuhan sistem dikumpulkan, langkah berikutnya adalah membangun prototipe awal yang mewakili fungsi dasar dari sistem. Prototipe ini adalah versi awal yang menekankan pada aspek fungsionalitas utama tanpa memperhatikan aspek visual atau desain yang sempurna. Aktivitas pada tahap ini meliputi:

- Merangkai perangkat keras dasar seperti Arduino Nano, keypad 4x4, relay, buzzer, dan LED untuk menjalankan fungsi dasar penguncian.
- Mengembangkan kode awal pada Arduino IDE yang memungkinkan keypad menerima input kode dan menggerakkan kunci pintu melalui relay.
- Menguji prototipe dasar ini untuk memastikan bahwa kunci pintu dapat membuka dan menutup dengan benar berdasarkan input yang diberikan.

3. Evaluasi Prototipe

Setelah prototipe awal selesai, dilakukan evaluasi terhadap fungsi sistem tersebut. Pada tahap ini, prototipe diuji oleh pengembang dan pengguna untuk menilai apakah sudah memenuhi kebutuhan awal. Evaluasi mencakup hal-hal seperti:

- Apakah keypad menerima input dengan benar?
- Apakah sistem berhasil membuka dan mengunci pintu sesuai instruksi?
- Apakah indikator LED dan buzzer bekerja sesuai dengan keadaan sistem (misalnya, menunjukkan kesalahan input atau keberhasilan)?
- Feedback dari pengguna mengenai performa dan kemudahan penggunaan prototipe.

Jika ada kekurangan, saran atau masukan dari evaluasi ini akan digunakan untuk memperbaiki dan mengembangkan prototipe lebih lanjut.

4. Perbaikan dan Penyempurnaan Prototipe

Setelah menerima umpan balik dari evaluasi, dilakukan perbaikan dan penyempurnaan pada prototipe. Pada tahap ini, aspek yang kurang optimal atau fitur yang belum sempurna akan diperbaiki. Aktivitas yang dilakukan meliputi:

- Memodifikasi perangkat keras atau menambahkan komponen baru jika diperlukan (misalnya, menambah cadangan daya atau memperbaiki sistem relay).
- Memperbarui kode program Arduino Nano untuk mengatasi masalah atau memperbaiki logika penguncian dan input keypad.
- Mengoptimalkan aspek keamanan sistem, seperti pembatasan percobaan input yang salah dan menambah fitur penguncian sementara setelah beberapa kali gagal memasukkan kode.
- Menyempurnakan tampilan fisik prototipe untuk lebih mendekati bentuk akhir, misalnya dengan menempatkan komponen dalam casing.

5. Pengujian Sistem

Setelah prototipe diperbaiki dan disempurnakan, dilakukan pengujian ulang untuk memastikan bahwa semua fitur berfungsi dengan baik. Tahapan pengujian meliputi:

- Pengujian sistem kunci pintu otomatis secara keseluruhan, termasuk membuka dan mengunci pintu sesuai dengan input dari keypad.
- Pengujian batas maksimal percobaan kode salah dan respons sistem terhadap kesalahan input.
- Uji kestabilan sistem, apakah berfungsi dengan baik dalam jangka waktu tertentu tanpa masalah.
- Pengujian integrasi perangkat keras dan perangkat lunak untuk memastikan tidak ada konflik atau masalah yang muncul selama operasional.

6. Penerapan (Implementation)

Setelah semua pengujian berhasil dan sistem dinyatakan stabil, langkah terakhir adalah menerapkan sistem yang telah dikembangkan pada lingkungan nyata. Aktivitas ini meliputi:

- Instalasi sistem kunci pintu otomatis pada pintu yang sebenarnya.
- Penyesuaian sistem sesuai dengan kondisi lingkungan tempat dipasang (misalnya, pengaturan ulang daya atau menambahkan proteksi untuk komponen elektronik).
- Memberikan pelatihan kepada pengguna akhir terkait cara penggunaan sistem, pemeliharaan, serta tindakan yang harus diambil jika terjadi kesalahan sistem.

7. Pemeliharaan (Maintenance)

Setelah sistem diterapkan, tahap pemeliharaan dilakukan untuk menjaga sistem tetap berfungsi optimal. Aktivitas pemeliharaan meliputi:

- Memantau sistem secara berkala untuk mendeteksi adanya masalah atau penurunan performa.
- Melakukan pembaruan kode jika ada perubahan atau penambahan fitur yang diinginkan.
- Menyediakan dukungan teknis jika ada kesalahan sistem atau kebutuhan perbaikan pada perangkat keras.

Dengan metode prototype ini, pengembangan sistem kunci pintu otomatis berbasis keypad 4x4 dan Arduino Nano dapat dilakukan secara bertahap, fleksibel, dan berorientasi pada kebutuhan pengguna, sehingga memastikan hasil akhir yang sesuai dengan harapan.

2.5. Metode Pengujian

Metode Pengujian Sistem Kunci Pintu Otomatis Menggunakan Keypad 4x4 dan Arduino Nano dengan Blackbox Testing. Blackbox Testing adalah metode pengujian di mana penguji hanya fokus pada input dan output dari sistem tanpa memperhatikan bagaimana proses internal bekerja. Tujuan utama pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa fungsi sistem berjalan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

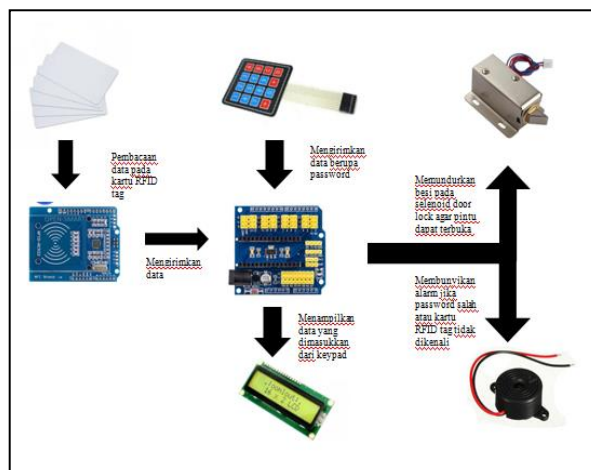
3.HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan analisis yang dilakukan oleh peneliti didasarkan pada tahapan metode *prototype* yang telah diterapkan dalam metodologi penelitian. Penjelasan secara rinci mengenai hasil yang dicapai selama proses penelitian sebagai berikut:

Perancangan prototipe sistem keamanan akses keluar masuk ruangan dalam penelitian ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu perancangan perangkat lunak (software) dan perancangan perangkat keras (hardware), serta perancangan desain prototipe yang saling mendukung sebagai media dalam pengembangan sistem ini.

3.1. Perancangan Prototipe

Perancangan prototipe dimulai dengan membuat rancangan perangkat lunak (software) untuk pemrograman prototipe sistem keamanan akses keluar masuk ruangan menggunakan perangkat pemrograman, yaitu **Arduino Integrated Development Environment (IDE)**. IDE ini merupakan aplikasi lintas platform yang ditulis dengan bahasa pemrograman Java dan berasal dari IDE untuk bahasa pemrograman Processing serta proyek Wiring. Setelah itu, peneliti membuat rancangan sistem keseluruhan dengan membuat desain prototipe Sistem Keamanan Akses Keluar Masuk terdiri dari Arduino Nano, RFID, Keypad, Selenoid Door Lock, dan Liquid Crystal Display (LCD). Adapun detail dan setiap bagian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Perancangan desain prototipe sistem

3.2. Hasil Implementasi Metode Prototipe

Hasil Penelitian Berdasarkan Metode Pengembangan Sistem Prototipe dengan RFID dan Keypad 4x4. Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem prototipe dalam membangun sistem kunci pintu otomatis berbasis keypad 4x4, Arduino Nano, dan RFID. Kombinasi penggunaan keypad dan RFID bertujuan untuk meningkatkan keamanan dengan dua faktor otentikasi, yaitu kode yang dimasukkan melalui keypad dan kartu RFID. Proses pengembangan melalui beberapa tahapan dalam metode prototipe menghasilkan beberapa hasil sebagai berikut:

1. Pengumpulan Kebutuhan

Tahap awal ini berfokus pada pengumpulan kebutuhan pengguna terkait sistem keamanan pintu otomatis. Kebutuhan utama yang diidentifikasi adalah:

- Sistem kunci pintu yang hanya dapat dibuka dengan kombinasi kode yang benar dari keypad 4x4 dan kartu RFID yang terverifikasi.
- Kendali kunci otomatis menggunakan relay dan servo motor untuk membuka atau menutup pintu.
- Indikator visual (LED hijau dan merah) dan audio (buzzer) untuk memberikan notifikasi status sistem.

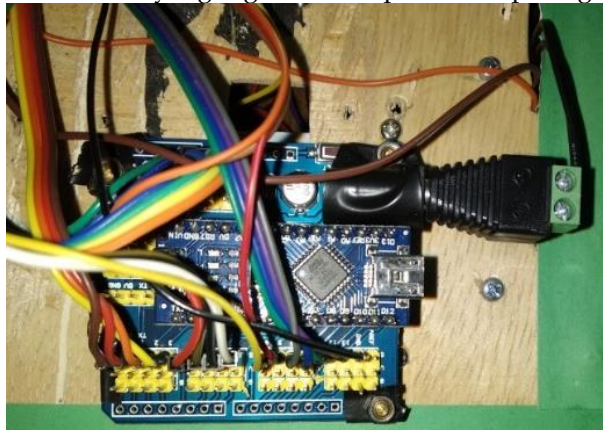
- Sistem yang dapat mengunci kembali pintu secara otomatis setelah waktu tertentu, serta penanganan ketika ada percobaan kode atau kartu RFID yang salah.

2. Membangun Prototipe Awal

Pada tahap ini, prototipe awal dibangun dengan menggabungkan komponen utama seperti Arduino Nano, keypad 4x4, RFID reader, relay, servo motor, LED, dan buzzer. Perangkat keras dihubungkan dan kode awal ditulis menggunakan Arduino IDE untuk mengontrol interaksi antara RFID, keypad, dan perangkat lainnya. Prototipe awal digunakan untuk memperlihatkan bagaimana sistem akan bekerja dalam kondisi nyata.

Mikrokontroler Arduino Nano

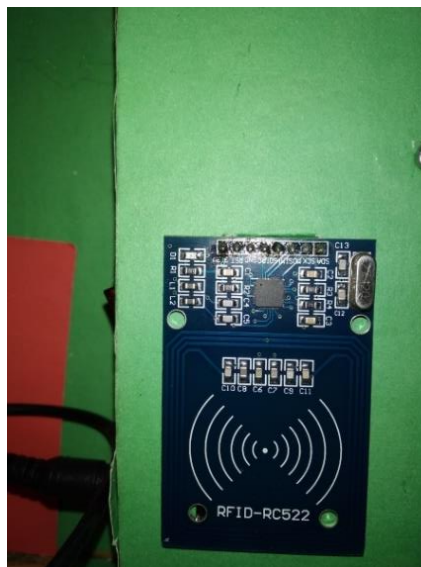
Pada prototype ini menggunakan mikrokontroler arduino yaitu merupakan bagian yang dimana proses dan seluruh program yang akan melakukan tugasnya sesuai dengan program yang dimasukkan. Mikrokontroler arduino yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Mikrokontroler Arduino Nano

RFID (*Radio Frequency Identification*)

Pada prototype ini menggunakan RFID yang merupakan pengganti fungsi kunci mekanik yang biasa digunakan. *Radio Frequency Identification* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. RFID

Keypad yang digunakan pada penelitian ini yaitu keypad ukuran 4x4 yang berfungsi sebagai lapisan keamanan yang kedua setelah pembacaan data pada kartu tag RFID sebelumnya.

Desain Prototipe Sistem Door Lock

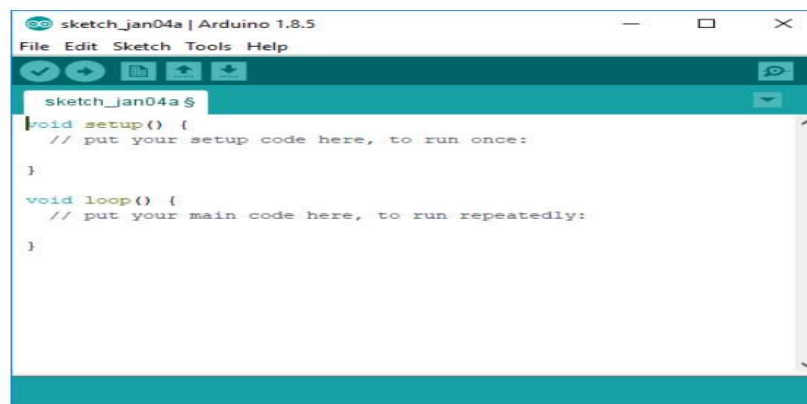
Pada prototype ini menggunakan *Solenoid Door Lock* sebagai pengunci pintu agar tidak bisa terbuka. *Solenoid Door Lock* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Desain Rangka Prototype

Desain Software

Pada prototype ini menggunakan arduino IDE sebagai tools pemrograman mikrokontroler arduino yaitu merupakan bagian yang dimana proses dan seluruh pemrograman arduino dilakukan di tools arduino IDE ini. Tools pemrograman arduino IDE dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Desain Sistem dengan Arduino IDE

Berikut adalah contoh source code untuk sistem kunci pintu otomatis menggunakan keypad 4x4 dan Arduino Nano, yang dapat diupload menggunakan Arduino IDE. Kode ini mengatur penguncian pintu otomatis berdasarkan input dari keypad. Anda bisa memodifikasi sesuai kebutuhan, misalnya dengan menambahkan sensor RFID jika diperlukan.

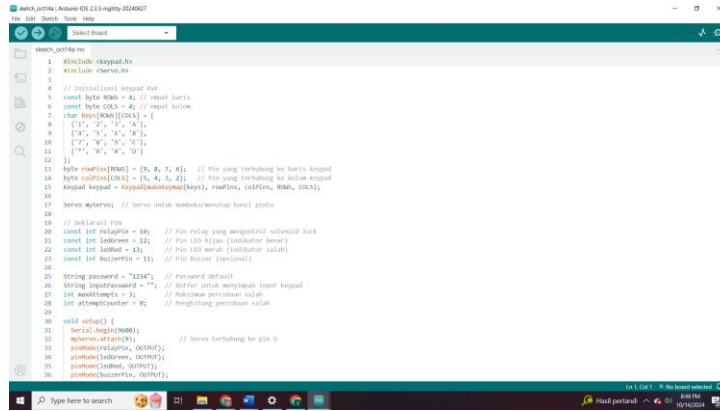
- Komponen yang digunakan:
- Arduino Nano
- Keypad 4x4
- Relay (untuk mengontrol kunci)
- Servo motor (untuk membuka/menutup kunci) atau Solenoid lock
- LED (indikator)
- Buzzer (opsional)

Source Code:

Eric Alfonsius: *Penulis Korespondensi

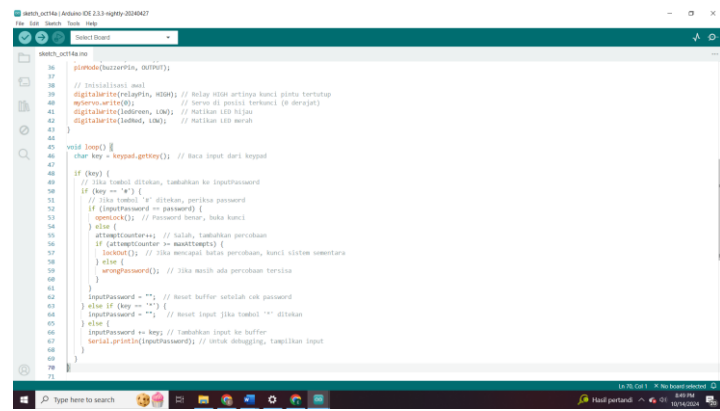


Copyright © 2024, Eric Alfonsius, Anna Stefanie Ruitan, Daniel Liuw.



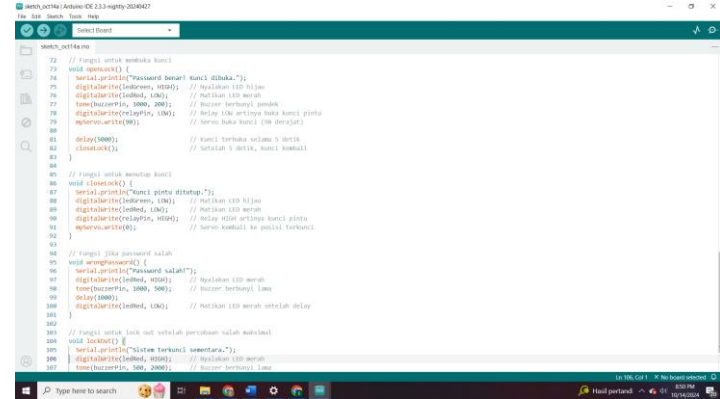
```
1 #include < keypad.h >
2 #include < servo.h >
3
4 // Inisialisasi keypad dan
5 const byte ROWS = 4; // input baris
6 const byte COLS = 4; // input kolom
7 char keyMap[ROWS][COLS] = {
8   { '1', '2', '3', 'A' },
9   { '4', '5', '6', 'B' },
10  { '7', '8', '9', 'C' },
11  { '*', '0', 'D' }
12 };
13 byte rowPin[ROWS] = { 8, 9, 10, 11 }; // pin yang terhubung ke baris keypad
14 byte colPin[COLS] = { 12, 13, 14, 15 }; // pin yang terhubung ke kolom keypad
15 keypad_t keypad = keypad(ROWS, COLS, rowPin, colPin, ROWS, COLS);
16
17 // Servo motor // Servo untuk membuka/menutupi kunci pintu
18
19 // Deklarasi PIN
20 const int relayPin = 16; // pin relay yang mengontrol solenoid lock
21 const int ledPin = 17; // pin LED hijau (indikator benar)
22 const int ledRed = 18; // pin LED merah (indikator salah)
23 const int buzzerPin = 19; // pin buzzer (optimal)
24
25 String password = "1234"; // password default
26 String inputPassword = ""; // buffer untuk menyimpan input keypad
27 int maxAttempts = 3; // Maksimal percobaan salah
28 int attemptCounter = 0; // menghitung percobaan salah
29
30 void setup() {
31   Serial.begin(9600);
32   pinMode(relayPin, OUTPUT);
33   pinMode(ledRed, OUTPUT);
34   pinMode(ledGreen, OUTPUT);
35   pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
36 }
```

Gambar 6. Source Code Part 1



```
37 pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
38
39 // Inisialisasi awal
40 digitalWrite(relayPin, HIGH); // Nyalakan LED hijau
41 digitalWrite(ledRed, LOW); // Matikan LED merah
42 digitalWrite(ledGreen, LOW); // Matikan LED hijau
43
44 void loop() {
45   char key = keypad.getKey(); // Baca input dari keypad
46
47   if (key) {
48     // Jika tombol ditekan, tambahkan ke inputPassword
49     if (key == 'A') {
50       // Jika tombol 'A' ditekan, periksa password
51       if (inputPassword == password) {
52         digitalWrite(relayPin, LOW); // Servo buka kunci (0 derajat)
53         digitalWrite(ledGreen, HIGH); // Servo buka kunci (0 derajat)
54         digitalWrite(ledRed, LOW); // Servo tutup kunci (90 derajat)
55         digitalWrite(buzzerPin, LOW); // Servo bunyi sukses
56         attemptCounter++; // salah, tambahkan percobaan
57         if (attemptCounter == maxAttempts) {
58           digitalWrite(relayPin, HIGH); // Servo tutup kunci (90 derajat)
59           digitalWrite(ledRed, HIGH); // Servo bunyi gagal
60           digitalWrite(buzzerPin, HIGH); // Servo bunyi gagal
61           attemptCounter = 0; // Reset counter percobaan
62           inputPassword = ""; // Reset buffer setelah cek password
63           if (key == 'A') {
64             inputPassword += key; // Reset input jika tombol 'A' ditekan
65           } else {
66             inputPassword += key; // tambahkan input ke buffer
67             Serial.println(inputPassword); // untuk debugging, tampilkan input
68           }
69         }
70       }
71     }
72 }
```

Gambar 7. Source Code Part 2



```
73 // fungsi untuk membuka kunci
74 void openLock() {
75   digitalWrite(relayPin, LOW); // Nyalakan LED hijau
76   digitalWrite(ledRed, LOW); // Matikan LED merah
77   digitalWrite(ledGreen, HIGH); // Servo bunyi sukses
78   digitalWrite(buzzerPin, LOW); // Servo bunyi sukses
79   digitalWrite(relayPin, HIGH); // Servo bunyi gagal (0 derajat)
80   digitalWrite(ledRed, HIGH); // Servo bunyi gagal (90 derajat)
81   digitalWrite(buzzerPin, HIGH); // Servo bunyi gagal
82   digitalWrite(relayPin, LOW); // Servo bunyi sukses
83   digitalWrite(ledGreen, HIGH); // Servo bunyi sukses
84   digitalWrite(ledRed, LOW); // Servo bunyi gagal
85   digitalWrite(buzzerPin, LOW); // Servo bunyi sukses
86 }
87
88 // fungsi untuk menutup kunci
89 void closeLock() {
90   digitalWrite(relayPin, HIGH); // Nyalakan LED hijau
91   digitalWrite(ledRed, HIGH); // Matikan LED merah
92   digitalWrite(buzzerPin, LOW); // Servo bunyi sukses
93   digitalWrite(relayPin, LOW); // Servo bunyi gagal (90 derajat)
94   digitalWrite(ledGreen, LOW); // Servo bunyi gagal (0 derajat)
95   digitalWrite(buzzerPin, HIGH); // Servo bunyi gagal
96   digitalWrite(relayPin, HIGH); // Servo bunyi gagal (90 derajat)
97   digitalWrite(ledRed, HIGH); // Servo bunyi gagal (90 derajat)
98   digitalWrite(buzzerPin, LOW); // Servo bunyi gagal
99   digitalWrite(relayPin, LOW); // Servo bunyi sukses
100  digitalWrite(ledGreen, HIGH); // Servo bunyi sukses
101  digitalWrite(ledRed, LOW); // Servo bunyi gagal
102  digitalWrite(buzzerPin, LOW); // Servo bunyi sukses
103 }
104
105 // fungsi untuk cek apakah password salah
106 void wrongPassword() {
107   digitalWrite(relayPin, HIGH); // Nyalakan LED merah
108   digitalWrite(ledRed, HIGH); // Servo bunyi gagal
109   digitalWrite(buzzerPin, HIGH); // Servo bunyi gagal
110   digitalWrite(relayPin, LOW); // Servo bunyi sukses
111   digitalWrite(ledGreen, LOW); // Servo bunyi gagal (0 derajat)
112   digitalWrite(buzzerPin, LOW); // Servo bunyi sukses
113 }
114
115 // fungsi untuk cek apakah percobaan salah maksimal
116 void lockOut() {
117   digitalWrite(relayPin, HIGH); // Nyalakan LED merah
118   digitalWrite(ledRed, HIGH); // Servo bunyi gagal
119   digitalWrite(buzzerPin, HIGH); // Servo bunyi gagal
120   digitalWrite(relayPin, LOW); // Servo bunyi sukses
121   digitalWrite(ledGreen, LOW); // Servo bunyi gagal (0 derajat)
122   digitalWrite(buzzerPin, LOW); // Servo bunyi sukses
123 }
```

Gambar 8. Source Code Part 3

3. Evaluasi Prototipe

Prototipe awal kemudian dievaluasi bersama dengan pengguna untuk mendapatkan umpan balik terkait fungsi dan kegunaan sistem. Evaluasi dilakukan berdasarkan beberapa skenario:

- Apakah sistem dapat mengenali kartu RFID yang terdaftar dan memberikan akses jika kode keypad yang dimasukkan benar.
- Respons sistem saat RFID atau kode yang salah digunakan.
- Kecepatan dan akurasi dalam membuka atau menutup kunci pintu.
- Indikator LED dan buzzer yang menunjukkan status sistem.

Dari hasil evaluasi, pengguna memberikan beberapa masukan, di antaranya:

- Penambahan fitur keamanan tambahan jika percobaan gagal, seperti waktu tunggu setelah kesalahan berulang.

Eric Alfonsius: *Penulis Korespondensi



Copyright © 2024, Eric Alfonsius, Anna Stefanie Ruitan, Daniel Liuw.

- Perlu ada batasan pada percobaan kode atau penggunaan RFID untuk mencegah akses yang tidak sah.

4. Perbaikan Prototipe

Setelah menerima umpan balik, peneliti melakukan perbaikan pada prototipe untuk meningkatkan fungsionalitasnya. Beberapa perbaikan yang dilakukan termasuk:

- Menambahkan fitur lock-out untuk mengunci sistem sementara setelah beberapa percobaan gagal dengan kode atau kartu RFID yang salah.
- Optimasi pada servo motor untuk mempercepat respon ketika membuka dan menutup kunci pintu.
- Peningkatan feedback dari LED dan buzzer untuk membuat status lebih mudah dimengerti oleh pengguna, seperti durasi suara buzzer yang berbeda untuk notifikasi sukses atau gagal.

Prototipe yang telah diperbaiki kemudian diuji ulang untuk memastikan semua perubahan berjalan dengan baik.

5. Pengujian Sistem (Blackbox Testing)

Pada tahap akhir pengembangan, sistem diuji menggunakan metode blackbox testing. Pengujian ini difokuskan pada hasil keluaran sistem berdasarkan input dari pengguna tanpa memeriksa kode internal. Beberapa skenario pengujian yang dilakukan antara lain:

- Skenario Kartu RFID dan Password Benar: Sistem membuka kunci pintu ketika kartu RFID yang terdaftar dan kode keypad yang benar digunakan. LED hijau menyala, dan buzzer berbunyi pendek sebagai indikator sukses.
- Skenario Kartu RFID Salah atau Tidak Terdaftar: Sistem menolak membuka pintu dan memberikan notifikasi kegagalan dengan menyalakan LED merah dan buzzer berbunyi lebih lama.
- Skenario Password Salah: Jika kode yang dimasukkan melalui keypad salah, sistem menolak membuka pintu, memberikan notifikasi kegagalan, dan menghitung percobaan yang gagal.
- Percobaan Gagal Maksimal: Jika pengguna salah memasukkan kartu RFID atau kode lebih dari batas maksimal (misalnya tiga kali), sistem akan melakukan lock-out dan tidak menerima input baru selama beberapa waktu.
- Kunci Otomatis Setelah Beberapa Detik: Setelah berhasil membuka pintu, sistem secara otomatis akan menutup kembali pintu setelah jangka waktu tertentu untuk menjaga keamanan.

Pengujian menunjukkan bahwa sistem berfungsi sesuai harapan, baik dalam hal otentikasi ganda dengan kartu RFID dan keypad, maupun dalam memberikan notifikasi yang jelas kepada pengguna terkait status akses.

Pengujian **blackbox** dilakukan untuk memastikan fungsionalitas dari sistem kunci pintu otomatis menggunakan **keypad 4x4**, **RFID**, dan **Arduino Nano** berjalan dengan baik sesuai dengan skenario yang telah direncanakan. Berikut adalah tabel hasil pengujian:

Tabel 1. Tabel Pengujian *Blackbox Testing*

No.	Skenario Pengujian	Input	Ekspektasi Output	Hasil Pengujian	Status
1	Kartu RFID dan kode keypad benar	Kartu RFID terdaftar + kode keypad benar	Pintu terbuka, LED hijau menyala, buzzer berbunyi pendek.	Pintu terbuka, LED hijau menyala, buzzer berbunyi pendek.	Berhasil
2	Kartu benar, keypad salah	Kartu RFID terdaftar + kode keypad salah	Pintu tidak terbuka, LED merah menyala, buzzer berbunyi panjang, percobaan dihitung.	Pintu tidak terbuka, LED merah menyala, buzzer berbunyi panjang.	Berhasil



No.	Skenario Pengujian	Input	Ekspektasi Output	Hasil Pengujian	Status	
3	Kartu RFID tidak terdaftar	Kartu RFID tidak terdaftar	Pintu tidak terbuka, LED menyala, buzzer panjang.	Pintu tidak terbuka, LED merah menyala, buzzer berbunyi panjang.	Berhasil	
4	Kode benar, kartu RFID	keypad tanpa scan RFID	Kode benar, keypad tanpa kartu	Pintu tidak terbuka, LED merah menyala, buzzer berbunyi panjang.	Pintu tidak terbuka, LED merah menyala, buzzer berbunyi panjang.	Berhasil
5	Percobaan maksimal (lebih dari 3 kali)	salah	Kartu tidak terdaftar atau kode salah 3x	Pintu terkunci sementara (lock-out), sistem tidak menerima input baru selama 10 detik, LED merah berkedip, buzzer berbunyi tiga kali.	Pintu terkunci sementara, LED merah berkedip, buzzer berbunyi tiga kali.	Berhasil
6	Kunci setelah terbuka (timeout)	otomatis pintu terdaftar (kode benar)	Kartu RFID + keypad	Pintu terbuka, LED menyala, buzzer pendek, pintu terkunci kembali secara otomatis setelah 5 detik.	Pintu terbuka dan terkunci kembali setelah 5 detik.	Berhasil
7	Reset setelah percobaan gagal	sistem	Sistem di-reset setelah lock-out	Sistem kembali menerima input, pintu siap untuk diakses menggunakan kartu RFID dan kode yang benar.	Sistem kembali berfungsi setelah reset.	Berhasil
8	Kartu salah kali (sistem lock-out)	RFID berulang (sistem lock-out)	Kartu salah kali	Sistem lock-out setelah percobaan gagal, pintu tidak bisa dibuka selama beberapa detik, LED merah menyala, buzzer berbunyi panjang.	Sistem terkunci sementara dan kembali normal setelah beberapa detik.	Berhasil

Keterangan:

- **Berhasil:** Sistem bekerja sesuai dengan skenario yang diharapkan.
- **Lock-out:** Sistem terkunci sementara setelah percobaan gagal maksimal, mencegah akses lebih lanjut selama beberapa detik.

Adapun persentase keberhasilan adalah sebagai berikut:

Persentase keberhasilan

$$\text{Hasil} = \frac{\text{Berhasil}}{\text{Jumlah Pengujian}} \times 100\%$$

$$\text{Hasil} = \frac{8}{8} \times 100\% = 100\%$$

Sistem keamanan akses keluar masuk ruangan ini menggunakan **Mikrokontroler Arduino Nano** dengan **Radio Frequency Identification (RFID)** sebagai lapisan keamanan pertama. RFID berfungsi untuk membaca data dari kartu tag, apakah dikenali atau tidak oleh sistem. Setelah kartu tag dikenali, sistem akan meminta pengguna untuk memasukkan kata sandi melalui **keypad**, yang merupakan lapisan keamanan kedua. Proses akses dilakukan dengan menempelkan RFID tag, yang kemudian mengirimkan data ke RFID reader melalui gelombang radio untuk identifikasi. Setelah identifikasi berhasil, sistem meminta kata sandi yang sesuai dengan kartu tag yang digunakan, karena setiap kartu memiliki kata sandi yang berbeda. Jika kata sandi yang dimasukkan benar, **solenoid door lock** akan dialiri listrik, sehingga tuas kunci pintu bergerak dan pintu dapat terbuka.



Berdasarkan pengujian yang dilakukan, penguji menyatakan bahwa prototipe berfungsi sesuai harapan. Hal ini ditunjukkan dengan tingkat keberhasilan 100% pada setiap kali pengujian prototipe tersebut.

4.KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan akses keluar masuk ruangan menggunakan Mikrokontroler Arduino Nano, RFID sebagai lapisan keamanan pertama, dan keypad 4x4 sebagai lapisan keamanan kedua. Sistem ini memungkinkan akses ke ruangan hanya jika kartu RFID yang digunakan terverifikasi dan pengguna berhasil memasukkan kata sandi yang benar. Sistem keamanan yang dikembangkan terdiri dari dua lapisan perlindungan utama, yaitu pembacaan data RFID untuk identifikasi awal dan verifikasi lebih lanjut melalui input kata sandi pada keypad. Setiap kartu RFID dilengkapi dengan kata sandi unik yang harus dimasukkan oleh pengguna, sehingga sistem ini menawarkan tingkat keamanan akses yang lebih tinggi. Saat RFID tag dikenali oleh RFID reader, sistem meminta pengguna untuk memasukkan kata sandi. Jika kata sandi yang dimasukkan benar, solenoid door lock akan diaktifkan dan pintu dapat terbuka. Sebaliknya, jika terjadi kesalahan dalam identifikasi RFID atau kata sandi yang dimasukkan tidak cocok, pintu tidak akan terbuka, dan sistem akan memberikan notifikasi kesalahan melalui indikator LED dan bunyi buzzer. Selain itu, untuk meningkatkan keamanan, sistem ini dilengkapi dengan fitur *lock-out*. Jika pengguna salah memasukkan kode atau menggunakan kartu RFID yang tidak terdaftar lebih dari tiga kali, sistem akan terkunci sementara untuk mencegah percobaan akses yang tidak sah secara berulang.

Hasil pengujian sistem menggunakan blackbox testing menunjukkan tingkat keberhasilan yang sangat tinggi. Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh 9 orang penguji, semua penguji menyatakan bahwa prototipe berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Setiap skenario pengujian, baik dalam hal kartu RFID yang valid, kode sandi yang benar, maupun penanganan kesalahan, berhasil dijalankan tanpa hambatan. Hal ini terbukti dengan persentase keberhasilan 100% pada setiap kali pengujian. Kesimpulannya, sistem ini mampu menyediakan solusi keamanan yang efisien dan andal untuk akses keluar masuk ruangan. Kombinasi penggunaan RFID dan keypad memberikan lapisan keamanan ganda yang sulit ditembus, serta sistem bekerja secara optimal sesuai dengan desain awal.

5.REFERENSI

- [1] S. Megawati, "Pengembangan sistem teknologi internet of things yang perlu dikembangkan negara indonesia," *JIEET (Journal of Information Engineering and Educational Technology)*, vol. 5, no. 1, pp. 19–26, 2021.
- [2] R. Suwartika and G. Sembada, "Perancangan Sistem Keamanan Menggunakan Solenoid Door Lock Berbasis Arduino Uno pada Pintu Laboratorium di PT. XYZ," *Jurnal E-KOMTEK (Elektro-Komputer-Teknik)*, vol. 4, no. 1, pp. 62–74, 2020.
- [3] P. E. S. Dita, A. Al Fahrezi, P. Prasetyawan, and A. Amarudin, "Sistem Keamanan Pintu Menggunakan Sensor Sidik Jari Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO R3," *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, vol. 2, no. 1, pp. 121–135, 2021.
- [4] C. R. Irawan, A. Fauzi, F. Sanjaya, A. Ramadhan, L. Adelia, and E. P. L. Toruan, "Pengaruh Efektivitas Manajemen Sekuriti Dalam Keamanan Perusahaan," *Jurnal Ilmu Multidisiplin*, vol. 3, no. 1, pp. 59–68, 2024.
- [5] R. Muwardi and R. R. Adisaputro, "Design sistem keamanan pintu menggunakan face detection," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 3, pp. 120–128, 2021.
- [6] E. Alfonsius, W. W. Kalengkongan, and S. C. W. Ngangi, "SISTEM MONITORING DAN KONTROLING PROTOTYPE PENYIRAM TANAMAN OTOMATIS BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS)," *Jurnal Teknoinfo*, vol. 18, no. 1, 2024.
- [7] S. Sintaro and E. Alfonsius, "SISTEM CERDAS SEBAGAI KEAMANAN KANDANG TERNAK SAPI MENGGUNAKAN CAMERA ESP-CAM DAN SELENOID," *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, vol. 4, no. 1, 2023.
- [8] R. Ananda, M. Amin, A. Syahputra, and I. Al Amin, "PENGENALAN PROTOTYPE SISTEM PENGUNCI PINTU KIOS PAJAK BAHAGIA BERBASIS KECERDASAN BUATAN

- (ARTIFICIAL INTELLIGENCE) DENGAN RFID," *Jurnal Pemberdayaan Sosial dan Teknologi Masyarakat*, vol. 3, no. 2, pp. 125-130, 2023.
- [9] F. Zaenaldi, A. Subki, A. Akbar, L. D. Samsumar, and S. Supardianto, "SISTEM KEAMANAN PINTU RUMAH MENGGUNAKAN SIDIK JARI DAN KEYPAD BERBASIS INTERNET OF THINGS," *Journal of Data Analytics, Information, and Computer Science*, vol. 1, no. 4, pp. 215-222, 2024.
- [10] E. Alfonsius and W. Wildan, "Employee Payment Information System Based Website Using RFID Identification Attendance (Case Study at Abc Bank)," *Journal of Data Science and Information Systems*, vol. 1, no. 3, pp. 117-127, 2023.
- [11] E. Alfonsius, S. Hasibuan, J. Titaley, and Y. A. R. Langi, "Sistem Informasi Geografis Persebaran Rumah Kost Dengan Penerapan Foto 360 Berbasis Website (Studi Kasus Pada Kelurahan Kleak)," *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Akuntansi*, vol. 4, no. 1, pp. 1-16, 2024.
- [12] E. Alfonsius, A. B. Johanes, R. N. F. Mantiri, R. Manahampi, M. Hihola, and A. C. Hadiwidjaja, "SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS LETAK PERSEBARAN TEMPAT PENGISIAN BAHAN BAKAR KENDARAAN TINGKAT RETAILER MENGGUNAKAN GOOGLE API," *Information System Journal*, vol. 6, no. 02, pp. 76-85, 2023.
- [13] E. Alfonsius, A. L. Kalua, and S. C. W. Ngangi, "Sistem Pendukung Keputusan Pengaruh Gadget terhadap Prestasi Siswa menggunakan metode Simple Additive Weighting berbasis Website," *Jurnal Media Celebes*, vol. 1, no. 2, pp. 44-55, 2024.
- [14] W. W. Kalengkongan and E. Alfonsius, "Goods Sales Information System Using Website-Based Agile Development Methods (Case Study At XYZ Store)," *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Akuntansi*, vol. 3, no. 1, pp. 43-52, 2023.
- [15] E. Alfonsius, S. W. C. Ngangi, and A. L. Kalua, "Sistem Informasi Pendaftaran Pernikahan (SIP-NIKAH) menggunakan Metode Extreme Programming berbasis Website," *Jurnal Media Borneo*, vol. 1, no. 2, pp. 55-66, 2023.
- [16] E. Alfonsius and Z. Arifin, "SISTEMPENENTUAN CALON PENERIMA BEASISWA BIDIKMISI MENGGUNAKAN FUZZY MULTI CRITERIA DECISION MAKING," in *SISITI: Seminar Ilmiah Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*, 2017.
- [17] E. Alfonsius and M. Rifai, "PERANCANGAN SISTEM INFORMASI PENJUALAN BARANG BERBASIS VENDOR MANAGED INVENTORY (VMI)," *PROSIDING SEMANTIK*, vol. 1, no. 2, p. 253, 2015.
- [18] E. Alfonsius and W. W. Kalengkongan, "Development of an Alumni Data Processing Information System Using the SDLC Modeling System Development Method," *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Akuntansi*, vol. 3, no. 1, pp. 53-59, 2023.
- [19] E. Alfonsius and Bonitalia, "Decision Support System for Granting of Credit Using Website-Based Promethee Method (Case Study at BPR Abc Bank)," *CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics*, vol. 1, no. 2, pp. 123-136, Jul. 2023.