

Prototyping a Secure Key Management System: Integrating RFID and Keypad Technologies for Enhanced Safe Protection

Prototipe Sistem Manajemen Keamanan Kunci: Integrasi Teknologi RFID dan Keypad untuk Peningkatan Proteksi Brankas

Hilda Maulida¹, Ihsan Riga Valendi¹, Olland Nugraha¹, Fadhli Ranuharja^{1*}

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Indonesia

✉ *Corresponding Author: fadhliranu@ft.unp.ac.id

This article
contributes to:



ABSTRACT

This research develops a secure key management system prototype by integrating Radio Frequency Identification (RFID) and keypad technologies to enhance the protection of safes. Safes are widely used for storing valuable assets, but traditional locking systems are vulnerable to unauthorized access. The system combines RFID for user identification and a keypad for password entry, providing a dual-layer security mechanism. The methodology involves a prototyping approach, allowing iterative development and refinement of the system. The system utilizes Arduino Uno as the main controller, with additional hardware components such as an RFID reader, keypad, LCD, and servo motor for door control. Testing of the system demonstrates successful functionality, including identification of valid and invalid RFID tags, password verification, and access control through the servo motor. The results show that the system significantly enhances the security and convenience of accessing the safe, minimizing the risk of unauthorized entry. Future improvements include the development of a user interface for easier password management and full-scale implementation on real safes.

Keywords: Secure Key Management; RFID; Keypad; Safe Protection; Prototyping; Arduino

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan prototipe sistem manajemen keamanan kunci dengan mengintegrasikan teknologi *Radio Frequency Identification* (RFID) dan *keypad* untuk meningkatkan proteksi brankas. Brankas banyak digunakan untuk menyimpan aset berharga, namun sistem kunci tradisional rentan terhadap akses yang tidak sah. Sistem ini menggabungkan RFID untuk identifikasi pengguna dan *keypad* untuk memasukkan password, memberikan mekanisme keamanan berlapis. Metode yang digunakan adalah *prototyping*, memungkinkan pengembangan sistem secara iteratif dan penyempurnaan. Sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai pengontrol utama, dengan komponen tambahan seperti pembaca RFID, *keypad*, LCD, dan motor servo untuk kontrol pintu. Pengujian menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik, termasuk identifikasi tag RFID yang valid dan tidak valid, verifikasi password, serta pengendalian akses melalui motor servo. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini secara signifikan meningkatkan keamanan dan kemudahan akses brankas, sekaligus meminimalkan risiko akses tidak sah. Pengembangan lebih lanjut termasuk pembuatan antarmuka pengguna untuk memudahkan pengelolaan password dan implementasi pada brankas nyata.

Kata kunci: Manajemen Keamanan Kunci; RFID; Keypad; Proteksi Brankas; Prototyping; Arduino

Received: Feb. 25, 2023; **Revised:** Apr. 24, 2023; **Accepted:** May. 22, 2023; **Published:** Jun. 30, 2023.

How to Cite: Maulida, H., Valendi, I. R., Nugraha, O., & Ranuharja, F. (2023). Prototyping a Secure Key Management System: Integrating RFID and Keypad Technologies for Enhanced Safe Protection. *Journal of Hypermedia & Technology-Enhanced Learning (J-HyTEL)*, 1(2), 91-99. <https://doi.org/10.58536/j-hytel.v1i2.73>

Published by Sagamedia Teknologi Nusantara.

The content of this publication has not been approved by the United Nations and does not reflect the views of the United Nations.

© The Author(s) 2023 | This is an open-access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



1. PENDAHULUAN

Keamanan aset berharga, termasuk uang, perhiasan, surat berharga, dan dokumen penting, telah menjadi kebutuhan esensial dalam kehidupan sehari-hari, baik di tingkat individu maupun institusi seperti perkantoran, toko, hingga perusahaan besar [1], [2]. Brankas merupakan salah satu solusi yang paling umum digunakan untuk melindungi barang-barang tersebut dari ancaman pencurian dan kehilangan. Namun, seiring dengan meningkatnya kompleksitas ancaman keamanan, terutama terkait dengan akses tidak sah, teknologi keamanan brankas harus terus ditingkatkan guna menjamin perlindungan yang optimal [3].

Dalam lingkungan bisnis dan perkantoran, keamanan brankas tidak hanya tentang menghindari pencurian dari pihak eksternal, tetapi juga mencegah akses yang tidak diinginkan oleh pihak internal, seperti karyawan yang tidak berwenang [4]. Sistem *kontrol akses* yang ketat diperlukan untuk membatasi siapa saja yang diizinkan untuk mengakses brankas. Dengan demikian, penerapan teknologi canggih yang mampu mengelola izin akses, mencatat aktivitas pengguna, serta memberikan lapisan perlindungan ganda menjadi semakin penting [5], [6].

Kemajuan pesat dalam teknologi informasi dan komunikasi telah mengubah cara pengamanan aset, salah satunya melalui pemanfaatan teknologi *Radio Frequency Identification (RFID)* [7], [8]. *RFID* menjadi solusi unggul dalam identifikasi objek secara otomatis dan simultan, memberikan keunggulan dibandingkan sistem *barcode* yang memerlukan identifikasi satu per satu [9]. Teknologi ini berfungsi menggunakan gelombang radio untuk mengenali objek atau individu secara nirkabel, memfasilitasi penggunaan yang lebih efisien dan aman dalam sistem keamanan modern, termasuk untuk brankas [10], [11].

RFID tidak hanya mampu mengidentifikasi pengguna melalui kartu digital, tetapi juga berperan dalam merekam aktivitas pengguna setiap kali akses dilakukan. Ini memungkinkan kontrol penuh terhadap siapa yang membuka brankas, kapan, dan untuk tujuan apa. Di Indonesia, teknologi *RFID* sudah mulai diterapkan di berbagai sektor, termasuk sistem keamanan retail dan ruangan [12], [13]. Dalam konteks sistem brankas, penggunaan *RFID* dikombinasikan dengan *keypad* untuk memasukkan *Personal Identification Number (PIN)* dapat menghasilkan sistem dengan dua lapis keamanan. Pendekatan ini memastikan tingkat proteksi yang lebih tinggi dan mampu meminimalkan risiko akses ilegal [14], [15].

Pentingnya sistem brankas dengan tingkat keamanan lebih tinggi tidak hanya didasarkan pada meningkatnya kasus pencurian aset, tetapi juga karena metode-metode tradisional, seperti penggunaan kunci fisik, rentan terhadap upaya duplikasi atau pembobolan [16]. Brankas konvensional yang hanya menggunakan kunci manual atau kombinasi angka seringkali tidak cukup untuk menahan serangan yang lebih canggih. Pencurian dapat terjadi melalui penggandaan kunci atau pemaksaan fisik terhadap sistem penguncian [17], [18]. Oleh

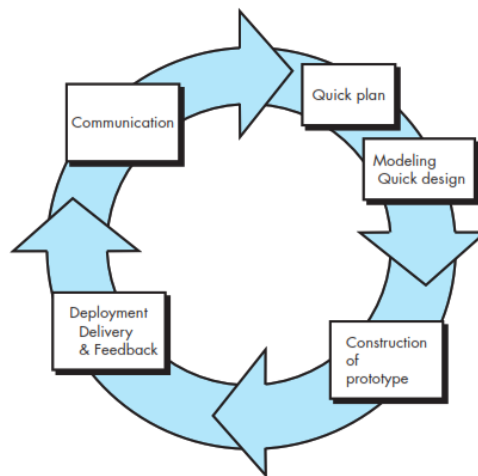
karena itu, pengembangan sistem brankas dengan integrasi teknologi *RFID* dan *keypad* tidak hanya menawarkan keamanan yang lebih baik, tetapi juga memberikan kenyamanan dan kemudahan bagi penggunaanya.

Dalam penelitian ini, dikembangkan prototipe sistem manajemen keamanan kunci yang mengintegrasikan teknologi *RFID* dan *keypad*. Sistem ini dirancang untuk memberikan perlindungan ganda bagi brankas, mencatat seluruh aktivitas akses, dan menyediakan kontrol yang lebih baik terhadap siapa yang dapat membuka brankas. Dengan kombinasi kedua teknologi ini, diharapkan sistem yang dihasilkan mampu menjawab kebutuhan akan brankas yang lebih aman, andal, dan mudah digunakan di era digital saat ini [19].

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *prototyping*. Pendekatan ini memungkinkan pengembangan sistem secara iteratif, di mana pengembang dapat merancang, menguji, dan menyempurnakan sistem dalam setiap tahap pengembangan [20], [21]. Dengan metode ini, pengembang dapat mengidentifikasi kebutuhan awal sistem, melakukan analisis, merancang perangkat keras dan perangkat lunak, serta melakukan pengujian untuk memastikan efektivitas dan keamanan sistem.

Proses *prototyping* dimulai dengan identifikasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan mencakup *Arduino Uno* sebagai pengontrol utama, *keypad*, *RFID*, *LCD*, dan *servo* sebagai aktuator. *Arduino UNO* dipilih karena keandalannya sebagai mikrokontroler yang mampu mengelola beberapa komponen elektronik dengan baik. Tahapan utama metode *prototyping* seperti pada Gambar 1 meliputi:



Gambar 1. Prosedur *Prototyping*

1. Identifikasi Kebutuhan

Kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak diidentifikasi melalui analisis sistem keamanan yang sudah ada, di mana teknologi *RFID* dan *keypad* dipilih untuk meningkatkan tingkat keamanan brankas.

2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan dengan membuat *flowchart* dan diagram rangkaian elektronik yang menjelaskan alur kerja sistem. Rangkaian prototipe disimulasikan menggunakan *software* simulasi untuk memvalidasi desain sebelum implementasi nyata.

3. Implementasi Perancangan

Komponen perangkat keras dirakit dan diprogram menggunakan *Arduino IDE*. Bahasa pemrograman C digunakan untuk menulis kode yang akan dijalankan oleh mikrokontroler Arduino. Pengujian dilakukan untuk memverifikasi bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.

4. Pengujian dan Evaluasi

Pengujian prototipe dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem, termasuk kemampuan membaca kartu RFID, memproses input *keypad*, serta menggerakkan motor *servo* untuk membuka pintu brankas. Hasil pengujian digunakan untuk menyempurnakan desain sebelum diterapkan pada perangkat nyata.

Pendekatan ini memberikan fleksibilitas dalam melakukan perubahan selama proses pengembangan, memastikan bahwa sistem yang dihasilkan memiliki tingkat keandalan dan keamanan yang tinggi [22], [23].

3. HASIL

3.1. Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Kebutuhan perangkat keras untuk sistem ini mencakup komponen-komponen utama yang dibutuhkan dalam pengembangan sistem keamanan brankas. Tabel 1 menunjukkan daftar komponen perangkat keras yang digunakan:

Tabel 1. Daftar kebutuhan perangkat keras

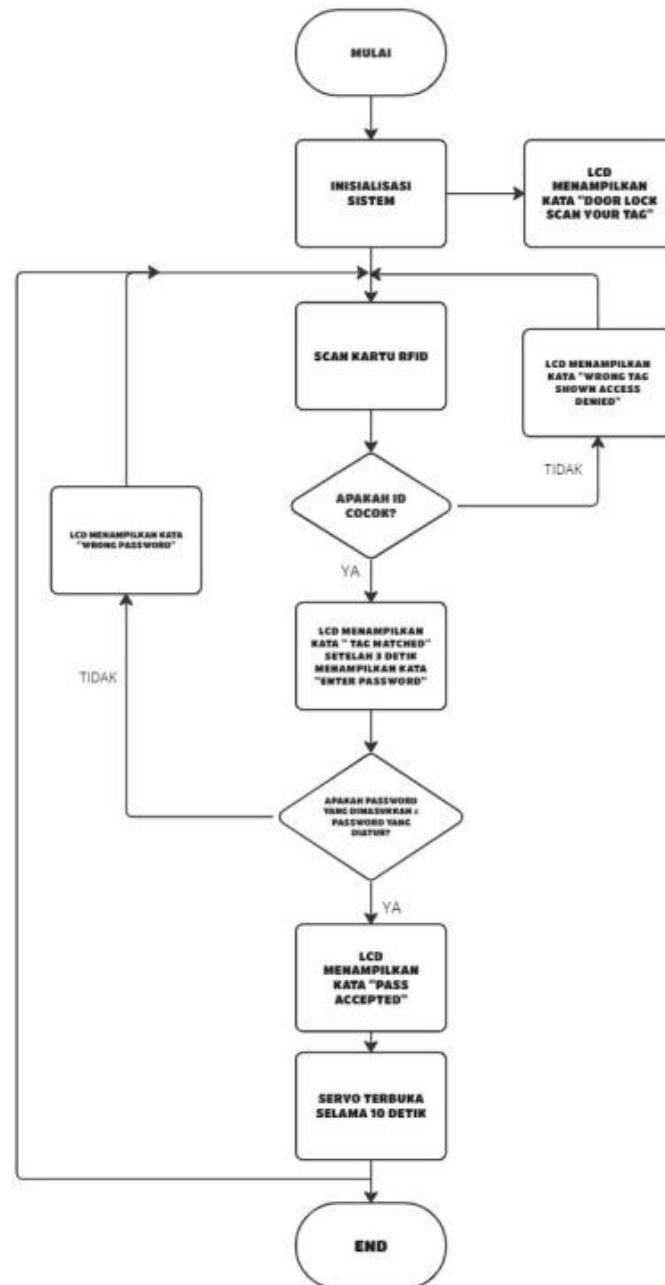
No	Nama Perangkat Keras	Keterangan	Jumlah/Spesifikasi
1	Arduino Uno	Mikrokontroler pengendali motor dan perangkat lain	1 unit Arduino UNO
2	Kabel Jumper	Menghubungkan komponen dengan pin breadboard	Male to male, male to female, female to female (20-30 cm)
3	Lampu LED	Indikator alat menyala	LED merah dan hijau
4	Breadboard	Papan proyek prototipe sirkuit	1 unit breadboard
5	Resistor	Pembagi tegangan	Beberapa resistor
6	LCD 12C	Media menampilkan notifikasi sistem ke pengguna	1 unit LCD 12C
7	RFID RC-522	Pembaca kartu RFID	1 unit RFID RC-522
8	Keypad	Input password pengguna	1 unit keypad
9	Motor Servo	Penggerak pintu brankas	1 unit motor servo

3.2. Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Pengembangan sistem proteksi brankas membutuhkan pemrograman berbasis C yang di-*compile* menggunakan aplikasi *Arduino IDE*. Aplikasi ini dipilih karena mudah digunakan, populer di kalangan pengembang *Arduino*, dan mendukung pengembangan sistem secara efisien. Kode program yang ditulis dalam *Arduino IDE* mengontrol seluruh komponen sistem, mulai dari pembacaan RFID, pemrosesan input *keypad*, hingga penggerakan motor *servo* untuk membuka atau mengunci brankas.

3.3 Flowchart Sistem Proteksi Brankas

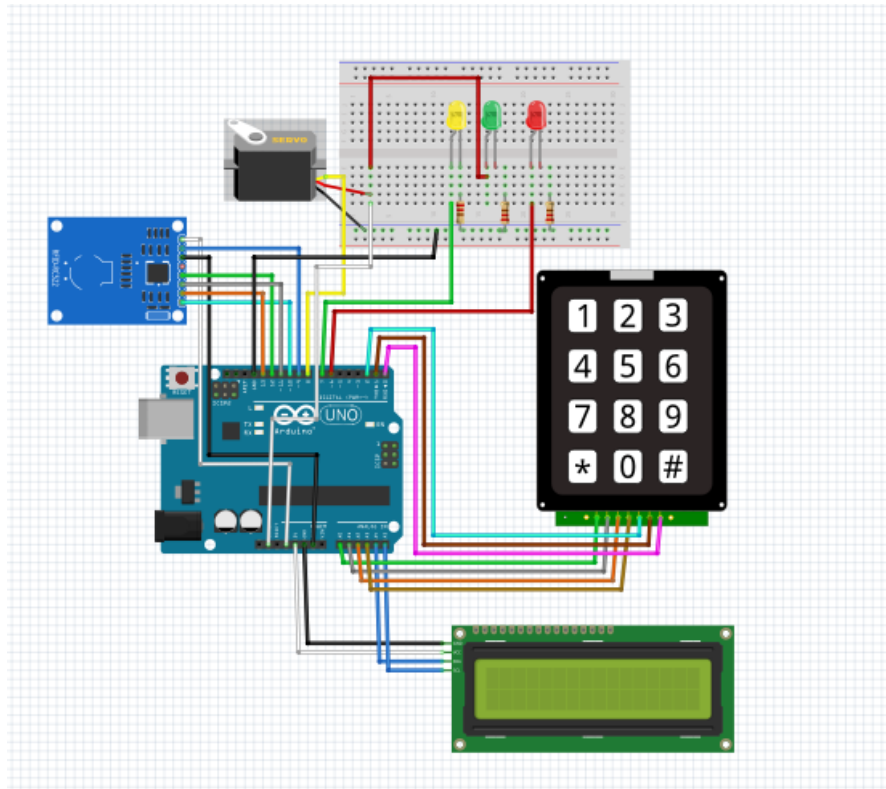
Sistem keamanan brankas dirancang menggunakan *flowchart* yang menjelaskan alur logika sistem, dari inialisasi hingga pengoperasian. Sistem dimulai dengan menampilkan pesan "Door Locked, please scan your tag to open it" pada layar LCD, menunggu pengguna untuk memindai kartu RFID. Jika kartu yang dipindai valid, pengguna kemudian diminta untuk memasukkan password. Setelah password yang benar dimasukkan, motor *servo* akan membuka brankas. Alur ini membantu memetakan semua proses utama dalam sistem keamanan dan ditampilkan dalam [Gambar 2](#).



Gambar 2. Alur flowchart sistem proteksi brankas

3.4 Implementasi Perancangan

Setelah analisis dan perancangan dilakukan, implementasi sistem dilakukan dengan menghubungkan komponen elektronik sesuai skematik rangkaian yang telah disimulasikan pada *Wokwi Simulator*. **Gambar 3** menunjukkan rangkaian skematik dari sistem proteksi brankas yang menggabungkan Arduino UNO, RFID, *keypad*, motor *servo*, dan LCD.



Gambar 3. Skematik rangkaian sistem proteksi brankas

Setelah rangkaian selesai dirakit, kode program diunggah ke Arduino. Sistem diuji untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan benar. Kode yang diunggah mengontrol operasi pembacaan kartu RFID, validasi password, serta penggerakan motor *servo* untuk membuka dan mengunci brankas.

3.5 Hasil Pengujian

Pengujian sistem dilakukan dalam tiga skenario utama: kondisi di mana ID dan password yang dimasukkan benar, ID benar tetapi password salah, dan ID yang salah. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi respons sistem terhadap setiap skenario:

1) Password dan ID Benar

Saat kartu RFID yang valid dipindai dan password yang benar dimasukkan, LCD menampilkan "PASS ACCEPTED" dan motor *servo* membuka brankas selama 10 detik.

2) Password Salah, ID Benar

Jika kartu RFID yang valid dipindai tetapi password yang dimasukkan salah, LCD menampilkan "WRONG PASSWORD" dan motor *servo* tidak membuka brankas.

3) ID Salah

Jika kartu RFID yang dipindai tidak cocok, LCD menampilkan "WRONG TAG SHOWN, ACCESS DENIED" dan tidak ada proses lebih lanjut.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan rancangan dan memberikan tingkat keamanan yang lebih baik dibandingkan sistem brankas konvensional.

4. PEMBAHASAN

Sistem proteksi brankas yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan teknologi *RFID* dan *keypad* untuk memberikan keamanan ganda. Kombinasi *RFID* untuk identifikasi pengguna dan password melalui *keypad* meningkatkan keamanan sistem dengan meminimalkan risiko akses tidak sah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini dapat mendeteksi kartu *RFID* dengan akurat dan memverifikasi input password dengan baik.

Keunggulan utama dari sistem ini adalah kemampuannya mencatat setiap kali akses dilakukan dan memberikan notifikasi kepada pengguna. Selain itu, penggunaan motor *servo* untuk menggerakkan pintu brankas menambah lapisan keamanan dengan mekanisme otomatis yang hanya diaktifkan setelah validasi pengguna berhasil.

Namun, ada beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Sistem ini masih memerlukan perbaikan dalam hal antarmuka pengguna, terutama dalam penggantian password yang saat ini hanya dapat dilakukan melalui perangkat lunak. Mengembangkan antarmuka yang memungkinkan pengguna untuk mengganti password secara langsung tanpa memerlukan perangkat lunak tambahan akan meningkatkan kemudahan penggunaan sistem.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan prototipe sistem keamanan brankas yang menggunakan teknologi *Radio Frequency Identification (RFID)* dan *keypad* untuk meningkatkan proteksi terhadap akses tidak sah. Kombinasi kedua teknologi ini memberikan lapisan keamanan ganda, di mana *RFID* digunakan untuk identifikasi pengguna dan *keypad* berfungsi untuk verifikasi password. Sistem ini memberikan perlindungan lebih dibandingkan dengan sistem keamanan brankas konvensional yang hanya mengandalkan kunci fisik atau kombinasi angka.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan dalam berbagai kondisi: (1) ketika ID dan password benar, brankas terbuka dengan notifikasi "PASS ACCEPTED"; (2) ketika ID benar tetapi password salah, akses ditolak dengan notifikasi "WRONG PASSWORD"; dan (3) ketika ID salah, akses sepenuhnya ditolak dengan pesan "ACCESS DENIED". Pengujian ini membuktikan bahwa sistem keamanan yang dikembangkan mampu meminimalkan risiko akses ilegal.

Keunggulan utama dari sistem ini adalah kemampuannya untuk mencatat setiap aktivitas akses, memberikan kendali penuh kepada pemilik brankas atas siapa yang dapat mengaksesnya dan kapan akses dilakukan. Selain itu, sistem ini menawarkan kenyamanan dan keamanan lebih melalui penggunaan kartu *RFID* yang unik dan kombinasi password, tanpa memerlukan kunci fisik yang dapat digandakan atau hilang.

Namun, terdapat beberapa hal yang dapat ditingkatkan, seperti integrasi antarmuka pengguna yang lebih ramah untuk pengelolaan password secara langsung tanpa harus melalui perangkat lunak *Arduino IDE*. Selain itu, sistem ini masih terbatas pada bentuk prototipe, sehingga implementasi lebih lanjut pada brankas nyata diperlukan untuk menguji performa dalam penggunaan sehari-hari.

Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan sistem keamanan brankas yang lebih canggih dan efisien. Diharapkan, dengan pengembangan lebih lanjut, sistem ini dapat diterapkan secara luas di berbagai sektor untuk memenuhi kebutuhan keamanan yang semakin kompleks.

DECLARATIONS

Author's Contributions

Hilda Maulida: Conceptualization, Methodology, Software. **Ihsan Riga Valendi:** Data curation, Writing - Original Draft. **Olland Nugraha:** Visualization, Investigation. **Fadhli Ranuharja:** Supervision, Software, Validation, Writing - Review & Editing. All authors have read and approved the final version of this manuscript.

Competing Interests

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan terkait dengan penelitian ini.

REFERENCES

- [1] S. Dwiyatno, S. Sulistiyono, M. F. Arrojab, and E. Rakhmat, "Rancang Bangun Prototype Gateway Menggunakan Radio Frequency Identification Berbasis Arduino," *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, vol. 5, no. 2, 2021, doi: [10.47080/saintek.v5i2.1510](https://doi.org/10.47080/saintek.v5i2.1510).
- [2] B. C. S. A. Sunawar, and N. H. Y. Hanifah, "Prototipe Portal Komplek Perumahan dengan Sistem RFID (Radio Frequency Identification) Berbasis Arduino Mega 2560," *Journal of Electrical Vocational Education and Technology*, vol. 1, no. 2, 2020, doi: [10.21009/jevet.0012.09](https://doi.org/10.21009/jevet.0012.09).
- [3] V. Rusyn, A. Sambas, and C. H. Skiadas, "Security Access Using Simple RFID Reader and Arduino UNO: A Study Case," in *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2022, doi: [10.1007/978-3-031-03877-8_17](https://doi.org/10.1007/978-3-031-03877-8_17).
- [4] N. Asha, A. S. S. Navaz, J. Jayashree, and J. Vijayashree, "RFID based automated gate security system," *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 13, no. 22, 2018.
- [5] P. Patil, A. Fabian, H. Waghmode, and R. Barkul, "Home Security System using Arduino Uno," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 10, no. 3, 2022, doi: [10.22214/ijraset.2022.40965](https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.40965).
- [6] N. Domala et al., "IoT Based Home Security System Using Arduino," *Proceeding International Conference on Science and Engineering*, vol. 11, no. 1, 2023, doi: [10.52783/cienceng.v11i1.312](https://doi.org/10.52783/cienceng.v11i1.312).
- [7] S. Mulyati and S. Sadi, "IoT on Door Security Control Prototypes based RFID and Bluetooth," *Jurnal Teknik*, vol. 8, no. 2, 2019, doi: [10.31000/jt.v8i2.1527](https://doi.org/10.31000/jt.v8i2.1527).
- [8] D. Priandes, A. Hadi, and D. Irfan, "Perancangan Aplikasi Sistem Monitoring Jaringan Remote PC Berbasis Java," *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika dan Informatika)*, vol. 5, no. 2, 2017, doi: [10.24036/voteteknika.v5i2.8474](https://doi.org/10.24036/voteteknika.v5i2.8474).
- [9] R. M. Sari, E. Sabna, R. Wahyuni, and Y. Irawan, "Implementation of open and close a housing gate portal using RFID card," *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 2, no. 5, 2021, doi: [10.18196/jrc.25108](https://doi.org/10.18196/jrc.25108).
- [10] M. S. H. Simarankir and A. Suryanto, "Prototype Pengunci Pintu Otomatis menggunakan RFID (Radio Frequency Identification) Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Technologic*, vol. 11, no. 1, 2020, doi: [10.52453/t.v11i1.284](https://doi.org/10.52453/t.v11i1.284).

- [11] E. P. C., A. P. N., J. L., and A. T. A., "Anti-Theft System for Car Security using RFID," *Int. J. Sci. Manag. Stud. (IJSMS)*, 2018, doi: [10.51386/25815946](https://doi.org/10.51386/25815946).
- [12] R. Syukuryansyah, D. Setiyadi, and S. Rofiah, "Penerapan Radio Frequency Identification dalam Membangun Sistem Keamanan dan Monitoring Smart Lock Door Berbasis Website," *Infotech: Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 6, no. 2, 2020, doi: [10.37365/jti.v6i2.91](https://doi.org/10.37365/jti.v6i2.91).
- [13] D. Adak, M. K. Pain, and U. K. Dey, "RFID Based Security System Using Arduino Module," *International Journal of Scientific and Engineering Research*, vol. 8, no. 3, 2017.
- [14] C. Mayani and S. G. Pandya, "RFID Based Security System Using Arduino Module," *International Journal of Research in Engineering, Science, and Management*, vol. 3, no. 5, 2020.
- [15] B. R. Fajri, A. D. Samala, and F. Ranuharja, "Media Interaktif Pengenalan Bahasa Isyarat Bisindo," *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, vol. 13, no. 1, 2020, doi: [10.24036/tip.v13i1.293](https://doi.org/10.24036/tip.v13i1.293).
- [16] Y. Indarta et al., *Keamanan Siber: Tantangan di Era Revolusi Industri 4.0*, Yayasan Kita Menulis, 2022.
- [17] M. Muthohir and S. Prayogi, "Prototype Sistem Keamanan Brankas Menggunakan Teknologi RFID Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Manajemen Informatika & Teknologi*, vol. 1, no. 2, 2021, doi: [10.51903/mifortekh.v1i2.42](https://doi.org/10.51903/mifortekh.v1i2.42).
- [18] A. T. Mahesa, H. Rahmawan, A. Rinharsah, and S. Arifin, "Sistem Keamanan Brankas Berbasis Kartu RFID E-KTP," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika*, vol. 5, no. 1, 2019, doi: [10.26905/jtmi.v5i1.3105](https://doi.org/10.26905/jtmi.v5i1.3105).
- [19] W. N. Alamsyah, M. Nurkamid, and T. Listyorini, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Brankas Menggunakan Radio Frequency Identification (RFID) dengan Notifikasi Via SMS," *Indonesian Journal of Technology, Informatics and Science (IJTIS)*, vol. 2, no. 1, 2020, doi: [10.24176/ijtis.v2i1.5176](https://doi.org/10.24176/ijtis.v2i1.5176).
- [20] S. F. Pane, R. M. Awangga, B. R. Azhari, and G. R. Tartila, "RFID-based conveyor belt for improve warehouse operations," *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, vol. 17, no. 2, 2019, doi: [10.12928/TELKOMNIKA.V17I2.11767](https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.V17I2.11767).
- [21] R. R. Prasanna, P. C. Kakarla, V. P. Simha, and N. Mohan, "Implementation of Tiny Machine Learning Models on Arduino 33-BLE for Gesture and Speech Recognition," *Journal of Xi'an University of Architecture & Technology*, vol. XIV, no. 7, 2022, doi: [10.48550/arXiv.2207.12866](https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.12866).
- [22] S. Kumar et al., "A Low-Cost Multi-Sensor Data Acquisition System for Fault Detection in Fused Deposition Modelling," *Sensors*, vol. 22, no. 2, 2022, doi: [10.3390/s22020517](https://doi.org/10.3390/s22020517).
- [23] N. Obeidi, M. Kermadi, B. Belmadani, A. Allag, L. Achour, and S. Mekhilef, "A Current Sensorless Control of Buck-Boost Converter for Maximum Power Point Tracking in Photovoltaic Applications," *Energies (Basel)*, vol. 15, no. 20, 2022, doi: [10.3390/en15207811](https://doi.org/10.3390/en15207811).
- [24] F. Ranuharja, B. R. Fajri, and A. D. Samala, "Sistem Pelayanan Bantuan Mentor Bimbingan Belajar (Bambimbel) Berbasis Web," *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, vol. 13, no. 1, 2020, doi: [10.24036/tip.v13i1.291](https://doi.org/10.24036/tip.v13i1.291).