

Rancang Bangun Sistem Keamanan Parkir Berbasis *Short Message Service* dengan Integrasi Sensor *Radio Frequency Identification*, *Passive Infrared* dan Ultrasonik

Anka Dza Sitta Asyar^a, Gaguk Firasanto^b, Sari Amalia^c

^{ab}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang, Tangerang Selatan

ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 Oktober 2025

Received in revised form

2 November 2025

Accepted 5 November 2025

Available online 30 November 2025

Keywords:

Arduino Mega 2560

RFID Technology

Ultrasonic Detection

Real-Time Notification

GSM SIM800L

ABSTRACT

Motor vehicle theft remains a significant concern, particularly within campus environments where vehicle parking areas are often vulnerable to security breaches. This research aims to design and develop an intelligent parking security system based on the Arduino Mega 2560 microcontroller, integrating multiple layers of authentication and real-time alert mechanisms. The system utilizes key components such as an ultrasonic sensor to detect vehicle presence, a PIR sensor for motion detection, an RFID MFRC522 module for user authentication, a 4x4 keypad for PIN and phone number input, and a GSM SIM800L module for automatic SMS alerts. Additionally, a DFPlayer Mini module is implemented for audible warnings, a solenoid lock for automatic vehicle locking, and a 20x4 LCD for user interface display. Testing results demonstrate that all components function effectively and reliably, achieving a 100% success rate across ten trials. The GSM module sends alert messages within 4.3–5 seconds, vehicle loss is detected within 5 seconds, and authentication is completed in 0.45–0.84 seconds. This study contributes theoretically to the development of microcontroller-based vehicle security systems and provides a practical, efficient, and economical solution for enhancing parking security in academic environments.

1 Pendahuluan

Keamanan merupakan aspek penting dalam kehidupan sehari-hari terutama untuk melindungi *property* dari ancaman kejahatan. Sistem keamanan berbasis teknologi, seperti sistem alarm dan penguncian otomatis semakin banyak digunakan untuk meningkatkan tingkat perlindungan, salah satu area yang sering menjadi perhatian adalah sistem keamanan parkir yang dapat melindungi kendaraan dari pencurian atau kerusakan. (Haryanto dkk, 2020). Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, sistem keamanan parkir kini dapat diimplementasikan menggunakan berbagai perangkat elektronik yang terhubung, seperti pembaca *RFID* (*Radio Frequency Identification*), sensor ultrasonik, serta sistem alarm dan penguncian otomatis. Sistem yang mengintegrasikan komponen-komponen ini dapat memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap kendaraan yang parkir, dengan kemampuan untuk mendeteksi ancaman atau kejahatan serta lebih cepat dan otomatis. Salah satu contoh implementasi yang dapat digunakan adalah sistem keamanan parkir berbasis mikrokontroler Arduino yang memiliki berbagai kemampuan untuk mengontrol perangkat keras dan berkomunikasi dengan sistem lain, termasuk pengiriman notifikasi melalui pesan teks atau *SMS*. (Haryanto & Nugroho, 2020). Modul *GSM SIM800L* yang mampu mentransmisikan data secara stabil melalui jaringan seluler. Hal ini mendukung implementasi sistem keamanan yang mengirimkan peringatan *SMS* secara *real-time*. (Jati Kinsela Brajamusti dkk, 2023).

Selanjutnya, sensor parkir pintar (*smart parking sensor*) memiliki tantangan dalam akurasi deteksi dan integrasi multi-sensor, namun berpotensi meningkatkan keamanan area parkir (Masbah Eame, E dkk, 2023). Untuk meningkatkan deteksi pergerakan di area parkir, sensor *pasif infrared* (*PIR*) juga digunakan. Sensor ini mampu mendeteksi perubahan gerakan yang terjadi di sekitarnya, sehingga bisa mendeteksi aktivitas mencurigakan seperti upaya pencurian (Siregar dkk, 2021). Teknologi ini memungkinkan deteksi kendaraan dan validasi identitas pengguna secara otomatis melalui *RFID*, serta dapat dikembangkan untuk sistem keamanan kendaraan. (Nur Amalina Muhamad, dkk, 2025). Ketika ancaman terdeteksi, sistem akan mengunci kendaraan secara otomatis dan mengaktifkan alarm suara melalui *speaker* aktif sebagai bentuk peringatan langsung di lokasi (Putra, 2022). Yang tidak kalah penting, sistem ini juga terintegrasi dengan modul *GSM* untuk mengirim notifikasi *SMS* langsung ke *smartphone* pemilik kendaraan jika sistem mendeteksi ancaman. Ini memungkinkan pemilik untuk segera mengetahui dan merespon kejadian dari jarak jauh (Wibowo dkk, 2021). Demi meningkatkan kemudahan interaksi pengguna, sistem ini juga dilengkapi dengan layar *LCD 20x4* yang

menampilkan status keamanan dan menu *input PIN* untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sistem secara manual. Komponen-komponen ini dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino *Mega*, yang dipilih karena fleksibilitas, biaya yang terjangkau, serta kemudahan pemrogramannya untuk mengintegrasikan berbagai sensor dan modul komunikasi (Nugraha dkk, 2020). Implementasi *RFID* sebagai sistem keamanan terbukti efektif dalam mengidentifikasi dan melindungi aset dari kehilangan. Setiap *tag RFID* memiliki identitas unik yang memungkinkan sistem mengenali objek secara spesifik. (Septi Rahayu, dkk, 2024). *Keypad* berbasis Arduino memungkinkan pengendalian akses melalui kombinasi *PIN* yang dapat diprogram ulang untuk meningkatkan keamanan. (Asra Nazarwati, dkk, 2024). Studi ini menyoroti tantangan dan peluang dalam pengembangan sistem sensor parkir cerdas, termasuk integrasi sensor ultrasonik, *PIR*, dan komunikasi *GSM* dalam satu sistem terdistribusi. (Mohamed Abu Shroud, dkk, 2023).

Penelitian ini menawarkan solusi multi-lapisan keamanan dengan integrasi tiga sensor utama (*RFID*, *PIR*, *Ultrasonik*) yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino *Mega 2560*, serta fitur notifikasi *SMS* otomatis berbasis modul *GSM SIM800L*. Keunggulan utama sistem ini adalah kemampuan memberikan peringatan *real-time* dalam waktu kurang dari 5 detik, autentikasi pengguna ganda (*RFID* dan *PIN*), serta mekanisme penguncian otomatis dengan *solenoid* yang meningkatkan keandalan proteksi fisik kendaraan. Dengan pendekatan ini, sistem tidak hanya berfungsi sebagai alarm otomatis, tetapi juga sebagai sistem keamanan cerdas yang mampu mendeteksi, merespons, dan memberikan peringatan jarak jauh secara cepat dan akurat, sehingga meningkatkan keamanan area parkir kampus secara signifikan.

2 Studi Literatur

Pengembangan yang akan dilakukan adalah dengan mengimplementasikan sistem keamanan berbasis *RFID*, sensor *PIR* dan ultrasonik untuk memantau dan mengamankan area parkir dengan fitur alarm dan notifikasi *SMS*. Untuk menyimpan informasi pengguna seperti *UID* kartu *RFID*, nomor telepon dan *PIN*, sehingga data tetap tersimpan meskipun perangkat dimatikan. Sistem dapat mengirimkan peringatan *SMS* otomatis saat ada percobaan pencurian, serta memutar suara peringatan menggunakan *DFPlayer mini MP3* dan dengan kunci otomatis kendaraan dapat dikendalikan dengan *solenoid*, yang dapat dikunci atau dibuka berdasarkan validasi pengguna melalui kartu *RFID* atau *PIN*.

2.1 Arduino Mega 2560

Menurut (Agus Wahyudi dkk, 2017) Adalah papan mikrokontroler berbasis *Atmega2560* yang memiliki jumlah pin yang banyak dibanding dengan model arduino sebelumnya. *Arduino Mega 2560* cocok digunakan untuk proyek-proyek yang membutuhkan lebih banyak pin, *memory*, dan daya pemrosesan, seperti robot yang lebih kompleks atau sistem kontrol industri.



Gambar 1. Arduino Mega 2560

2.2 RFID MFRC522

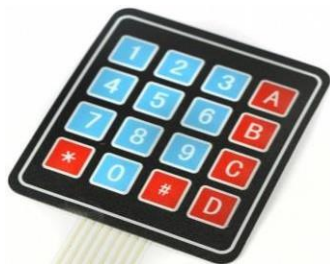
Menurut (S.Rajendra dkk, 2017) adalah teknologi identifikasi otomatis yang memanfaatkan *radio* untuk membaca dan menulis data pada memori semikonduktor secara nirkontak. Sistem *RFID* terdiri dari dua komponen utama yaitu tag (*transponder*) yang melekat pada objek dan berisi *chip* serta antena untuk menyimpan dan mengirim data, serta *reader* (pembaca) yang berfungsi untuk menerima dan memancarkan gelombang elektromagnetik untuk berkomunikasi dengan *tag*.



Gambar 2. RFID MFRC522

2.3 Keypad 4x4

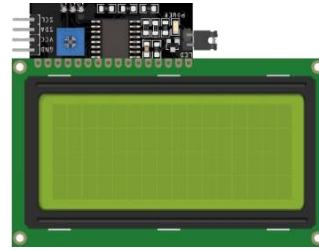
Menurut (M.A.Farhan dkk, 2019) Merupakan sebuah perangkat *input* yang terdiri dari sejumlah tombol yang memungkinkan pengguna untuk memberikan *input* pada sistem elektronik atau perangkat komputasi. *Keypad* sering digunakan pada perangkat seperti telepon genggam, sistem keamanan, mesin kasir, dan berbagai perangkat elektronik lainnya yang memerlukan input angka atau karakter secara cepat.



Gambar 3. Keypad 4x4

2.4 LCD 20X4

Menurut (Mohammad Aasim dkk, 2020) Merupakan sebuah perangkat yang memiliki 20 kolom dan 4 baris, yang dapat digunakan untuk menampilkan informasi berupa teks, angka atau karakter lainnya. Layar ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik termasuk pada *platform* pengembangan mikrokontroler seperti arduino untuk memberikan tampilan *visual* bagi pengguna.



Gambar 4. LCD 20X4

2.5 GSM SIM800L

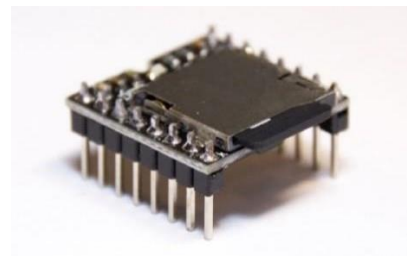
Menurut (M.A.Hossain dkk, 2021) Adalah modul komunikasi berbasis *GSM* (*Global System For Mobile Communications*) yang digunakan untuk mengirim dan menerima data melalui jaringan seluler. Modul ini memungkinkan perangkat untuk melakukan komunikasi suara, *SMS*, dan pertukaran data (*GPRS/EDGE*) jaringan *GSM*.



Gambar 5. GSM SIM800L

2.6 DFPlayer Mini MP3

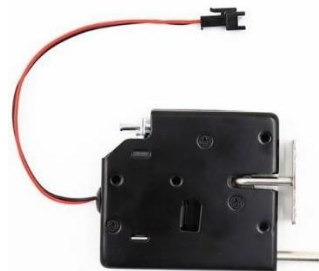
Menurut (Ibrahim Khan dkk, 2019) Adalah modul pemutar *audio* yang dirancang untuk memainkan *file MP3* dan *WAV* secara langsung dari kartu *microSD*. Modul ini sering digunakan dalam proyek berbasis mikrokontroler seperti Arduino, *ESP32*, dan *Raspberry Pi*. Modul ini memiliki kemampuan untuk mengeluarkan suara berkualitas tinggi dari *file audio* yang disimpan di kartu *microSD* dan dapat dikontrol menggunakan sinyal serial untuk memutar, menghentikan, atau mengubah trek *audio*.



Gambar 6. DFPlayer Mini MP3

2.7 Solenoid Lock 12V

Menurut (Siregar, 2018) Adalah komponen elektromekanik yang bekerja dengan memanfaatkan arus listrik untuk menghasilkan gaya tarik atau dorong secara *linier*.



Gambar 7. Solenoid Lock 12V 2A

2.8 RFID MFRC522 SR602

Menurut (Nurjanah Apriani dkk, 2021) sensor *PIR* adalah sensor yang mendeteksi pergerakan berdasarkan perubahan radiasi *infrared* yang dipancarkan oleh objek di sekitarnya, terutama manusia. Sensor ini umum digunakan untuk sistem otomatisasi, seperti pintu otomatis atau lampu otomatis.



Gambar 8. Passive Infra Red (PIR) SR602

2.9 Ultrasonik HC-SR04

Menurut (M.K. Banshal dkk, 2018) Adalah salah satu jenis sensor jarak yang bekerja menggunakan gelombang suara ultrasonik untuk mengukur jarak antara sensor dengan objek yang terdeteksi. Sensor ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi seperti robotika, pengukuran jarak, dan sistem kendali otomatis.



Gambar 9. Ultrasonik HC-SR04

2.10 Relay

Menurut (Gates, Earl. *Introduction to Electronics. 9th Edition, Cengage Learning*, 2013). *Relay* adalah saklar elektromagnetik yang digunakan untuk mengendalikan arus listrik melalui sinyal listrik yang lebih kecil. Ketika arus kecil diberikan ke kumparan *relay*, ini akan mengaktifkan atau menonaktifkan kontak yang dapat mengalirkan arus lebih besar ke perangkat lain. *Relay* sering digunakan dalam sistem otomatisasi untuk mengendalikan perangkat dengan arus atau tegangan tinggi menggunakan sinyal arus rendah.



Gambar 10. Relay

2.11 Speaker

Menurut (Rahman dkk, 2020) *Speaker* bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, di mana arus listrik yang melewati kumparan akan menghasilkan medan magnet yang mendorong atau menarik membran sehingga menghasilkan getaran udara berupa gelombang suara.

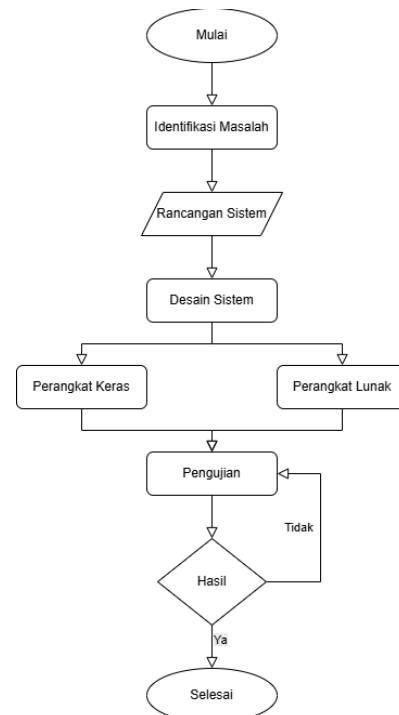


Gambar 11. Speaker

3 Metodologi

3.1 Tahapan Penelitian

Metodologi ini mencakup serangkaian langkah sistematis yang dirancang untuk menjamin *validitas* dan *reliabilitas* hasil studi. Langkah-langkah ini meliputi identifikasi masalah, perancangan sistem, desain sistem yang detail, perangkat yang digunakan, pengujian sistem yang komprehensif, pengambilan, pengolahan, dan analisis data. Semua proses ini direncanakan dengan cermat untuk memastikan bahwa setiap aspek penelitian dapat dilakukan dengan konsistensi dan akurasi yang tinggi, serta bertanggung jawab atas setiap temuan yang dihasilkan.



Gambar 12. Flowchart Tahapan Penelitian

Flowchart dalam metodologi penelitian ini menggambarkan langkah-langkah sistematis yang akan diikuti. Tahapan ini dimulai dengan perancangan sistem, di mana konsep dasar dan struktur keseluruhan sistem dirancang. Selanjutnya, desain sistem mengacu pada pengembangan desain teknis yang lebih terperinci. *Hardware* dan *software* yaitu perangkat yang digunakan dalam penelitian. Pengujian sistem melibatkan evaluasi kinerja sistem untuk memastikan bahwa semua fungsi bekerja sesuai dengan persyaratan. Langkah terakhir adalah pengambilan, pengolahan, dan analisis data, yang merupakan penilaian data yang dikumpulkan selama pengujian untuk menghasilkan wawasan dan kesimpulan. Proses ini berakhir ketika semua tahapan telah selesai dan sistem siap untuk dipresentasikan atau diterapkan.

3.2 Identifikasi Masalah

Kasus pencurian kendaraan bermotor masih menjadi salah satu permasalahan krusial di Indonesia, khususnya di wilayah perkotaan seperti Jakarta. Data dari pihak kepolisian menunjukkan bahwa tingkat kehilangan kendaraan akibat pencurian cukup tinggi dan seringkali terjadi di lingkungan rumah, tempat parkir umum, maupun area kampus yang minim sistem keamanan. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mencegah pencurian, seperti penggunaan kunci ganda, alarm kendaraan, hingga sistem pelacakan berbasis *GPS*. Namun, banyak dari sistem tersebut masih bersifat *konvensional*, mudah dibobol, atau tidak terintegrasi dengan sistem notifikasi yang *real-time* kepada pemilik kendaraan. Berdasarkan permasalahan tersebut, diranculah sebuah sistem keamanan kendaraan berbasis *RFID* dan sensor yang terintegrasi dengan pengiriman *SMS* melalui modul *SIM800L*. Sistem ini memungkinkan verifikasi identitas pengguna dengan kartu *RFID*, pemantauan pergerakan di sekitar kendaraan dengan sensor ultrasonik dan

PIR, serta kemampuan mengirimkan peringatan langsung kepada pemilik melalui SMS jika terdeteksi aktivitas mencurigakan. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan keypad sebagai alternatif untuk menonaktifkan sistem dengan PIN, guna menambah lapisan keamanan.

Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat meningkatkan keamanan kendaraan pribadi maupun kendaraan umum, serta memberikan ketenangan lebih kepada pengguna dalam meninggalkan kendaraannya di lokasi yang tidak selalu terpantau.

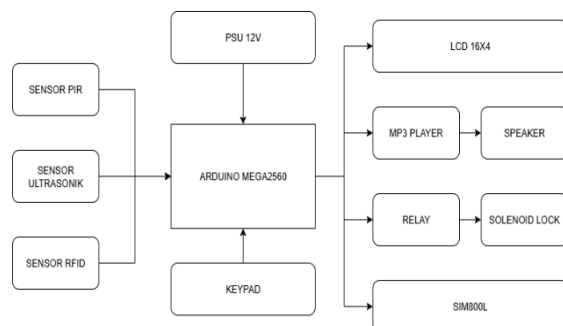
3.3 Perancangan

Perancangan sistem merupakan tahapan penting dalam proses pengembangan alat yang bertujuan untuk meningkatkan keamanan kendaraan. Pada fase ini, dilakukan pengembangan desain konseptual hingga implementasi awal dalam bentuk prototipe. Sistem yang dirancang adalah sistem keamanan kendaraan berbasis mikrokontroler yang mengintegrasikan beberapa komponen elektronik, seperti sensor PIR, sensor ultrasonik, RFID reader, keypad, dan modul GSM (SIM800L) untuk mengirim notifikasi SMS kepada pemilik kendaraan.

Tujuan utama dari tahap perancangan ini adalah untuk memastikan bahwa seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak dapat bekerja secara sinergis untuk mencapai fungsi yang diinginkan. Proses ini meliputi pemilihan komponen yang tepat, penyusunan diagram blok sistem, serta perancangan alur kerja sistem (*flowchart*) agar alat dapat mendeteksi potensi pencurian dan merespons secara otomatis.

3.4 Blok Diagram Sistem

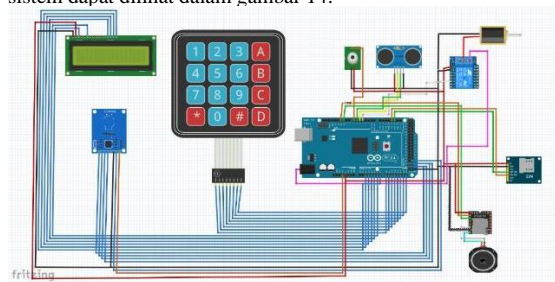
Blok diagram sistem menggambarkan alur kerja dari sistem keamanan kendaraan yang dirancang, di mana seluruh komponen dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pusat pengolahan data dan pengendali utama. Blok diagram sistem dapat dilihat dalam gambar 13.



Gambar 13. Blok Diagram Sistem

3.5 Rangkaian Desain Sistem

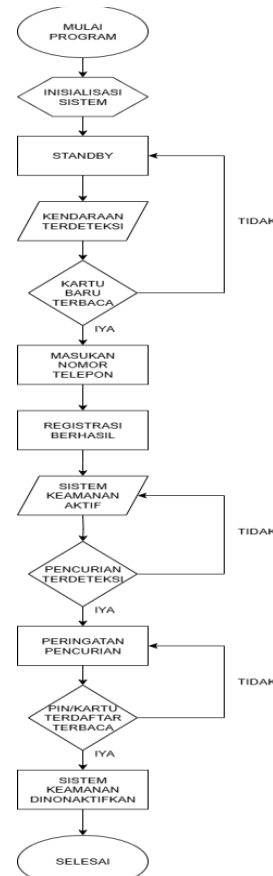
Sistem ini dirancang dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pusat kendali utama yang berfungsi untuk memproses dan mengoordinasikan seluruh komponen input dan output. Untuk autentikasi pengguna, sistem menggunakan modul RFID MFRC522 yang membaca UID kartu untuk mengaktifkan sistem keamanan. Sebagai alternatif autentikasi, tersedia keypad 4x4 yang memungkinkan pengguna memasukkan PIN manual. Untuk deteksi pergerakan, digunakan dua jenis sensor yaitu sensor PIR yang mendeteksi gerakan manusia berdasarkan pancaran inframerah pasif, serta sensor ultrasonik HC-SR04 yang mengukur jarak objek dari sensor untuk mengidentifikasi gerakan mencurigakan. Rangkaian desain sistem dapat dilihat dalam gambar 14.



Gambar 14. Desain Sistem

3.6 Flowchart Sistem

Flowchart sistem keamanan kendaraan ini diawali dengan proses inialisasi seluruh komponen oleh mikrokontroler Arduino Mega, termasuk pembaca RFID, sensor PIR, sensor ultrasonik, keypad, LCD, solenoid lock, serta modul GSM SIM800L. Setelah inialisasi selesai, sistem masuk ke mode siaga (*standby*) dan menunggu pemindaian kartu RFID atau input PIN. Jika kartu RFID yang valid terdeteksi atau PIN yang benar dimasukkan, sistem akan diaktifkan dan solenoid lock akan membuka sementara. Setelah sistem aktif, sensor PIR dan sensor ultrasonik mulai memantau area sekitar kendaraan. Flowchart sistem dapat dilihat dalam Gambar 15.



Gambar 15. Flowchart Sistem

Jika terdeteksi pergerakan dalam jarak tertentu namun tidak ada deteksi kehadiran dari sensor PIR, maka sistem menganggap telah terjadi potensi ancaman. Mikrokontroler akan memproses data tersebut dan mengirimkan notifikasi berupa SMS ke pemilik kendaraan melalui modul GSM.

Sistem tetap dalam kondisi aktif hingga pengguna menonaktifkan sistem menggunakan kartu RFID yang sama atau memasukkan PIN yang sesuai melalui keypad. Seluruh proses, status sistem, serta pembacaan sensor akan ditampilkan secara real-time melalui LCD 20x4 sebagai media informasi visual bagi pengguna.

Dengan implementasi flowchart ini, sistem berhasil menjalankan fungsi utamanya dalam memberikan perlindungan kendaraan yang aman, cepat, dan akurat di area parkir kampus

4 Pembahasan

4.1 Pengujian Deteksi Kendaraan Masuk

Pada pengujian ini sensor Ultrasonik HCSR-04 mendeteksi kendaraan yang datang dengan jarak maksimum yaitu 200 cm, jika kendaraan terdeteksi oleh sensor ultrasonik maka sistem akan mengucapkan selamat datang kepada pemilik kendaraan.



Gambar 16. Tampilan LCD Kendaraan Masuk

Ketika kendaraan masuk terdeteksi oleh sensor ultrasonik dengan jarak kurang dari batas yang ditentukan yaitu 200 cm, sistem akan mengaktifkan respon sambutan dengan memutar suara "Selamat Datang" melalui modul *DFPlayer Mini* dan secara bersamaan menampilkan pesan "Selamat Datang!" di LCD sebagai bentuk konfirmasi bahwa kendaraan telah dikenali dan sistem siap untuk proses selanjutnya seperti pemindaian kartu. Kendaraan masuk secara tegak lurus ke arah sensor, tanpa adanya kemiringan ke kiri atau ke kanan. Ketika kendaraan mulai memasuki area parkir, sensor ultrasonik mendeteksi jarak kendaraan yang semakin dekat. Saat jarak terukur kurang dari batas yang telah ditentukan, yaitu 200 cm, sistem mengenali bahwa kendaraan telah berada dalam area deteksi pada sudut 0°.

Dengan demikian, sudut 0° menggambarkan kondisi kendaraan masuk secara lurus ke arah sensor ultrasonik di area parkir, yang menunjukkan proses awal deteksi kendaraan oleh sistem keamanan pintar.

Tabel 1. Deteksi kendaraan masuk sudut 0°

No	Kendaraan	Jarak Baca Alat (meter)	Waktu Pembacaan Alat (detik)
1	Tidak Terdeteksi	3.50	-
2	Tidak Terdeteksi	3.00	-
3	Tidak Terdeteksi	2.50	-
4	Terdeteksi	2.00	01.03
5	Terdeteksi	1.50	01.40

Data ke-1 (3.50 m – Tidak terdeteksi) Pada jarak 3,5 meter, sensor ultrasonik belum mampu mendeteksi keberadaan kendaraan. Hal ini menunjukkan bahwa jarak tersebut berada di luar jangkauan efektif sensor, sehingga pantulan gelombang ultrasonik belum diterima kembali oleh alat. Data ke-2 (3.00 m – Tidak terdeteksi) Saat kendaraan berada pada jarak 3 meter, sensor masih belum mendeteksi objek, menandakan bahwa kemampuan deteksi sensor mulai mendekati batas maksimalnya, namun sinyal pantul belum cukup kuat untuk terdeteksi. Data ke-3 (2.50 m – Tidak terdeteksi) Pada jarak 2,5 meter, alat masih belum menunjukkan adanya deteksi. Hal ini dapat disebabkan oleh refleksi gelombang ultrasonik yang lemah akibat permukaan kendaraan atau kondisi lingkungan seperti sudut pantul atau gangguan sekitar. Data ke-4 (2.00 m – Terdeteksi, 01.03 detik) Ketika jarak kendaraan mencapai 2 meter, sensor mulai berhasil mendeteksi objek kendaraan. Sistem mencatat waktu pembacaan selama 1,03 detik, menandakan bahwa pada jarak ini sensor bekerja secara efektif dalam mengenali objek di depannya. Data ke-5 (1.50 m – Terdeteksi, 01.40 detik) Pada jarak 1,5 meter, sensor mendeteksi kendaraan dengan lebih cepat dan stabil. Nilai waktu pembacaan 1,40 detik menunjukkan respon sistem yang baik terhadap objek yang berada dalam jarak deteksi optimal.

4.2 Pengujian Pembacaan Kartu

Pada pengujian ini, sensor *RFID MFRC522* digunakan untuk membaca dan mengidentifikasi *UID (Unique Identifier)* dari kartu mahasiswa dan dosen, dimana selain berfungsi sebagai alat

akses yang hanya mengenali kartu terdaftar, sistem juga dapat melakukan registrasi otomatis kartu baru ke *database* saat kartu belum dikenal ditempelkan, serta memungkinkan menonaktifkan sistem keamanan atau memberikan izin akses keluar ketika mahasiswa atau dosen yang valid digunakan kembali, sehingga modul *RFID* ini sangat efektif untuk mengelola kontrol akses.

Tabel 2. Deteksi pembacaan kartu baru

No	Kartu	Jarak Baca Alat (cm)	Waktu Pembacaan Alat (detik)
1	Terdeteksi	3.50	00.84
2	Terdeteksi	2.64	00.57
3	Terdeteksi	1.54	00.45
4	Terdeteksi	1.04	00.27
5	Terdeteksi	0.54	00.25

Hasil pengujian pembacaan kartu baru menggunakan sensor *RFID MFRC522* Pada jarak 3,5 cm, sensor *RFID* masih dapat membaca kartu dengan waktu respon 0,84 detik, menunjukkan kemampuan deteksi maksimum alat. Semakin jauh jaraknya, waktu pembacaan cenderung lebih lama karena sinyal elektromagnetik melemah. Pada jarak 2,64 cm, alat mampu membaca kartu lebih cepat (0,57 detik). Hal ini karena posisi kartu lebih dekat dengan antenna *RFID*, sehingga komunikasi data lebih efisien. Pada jarak 1,54 cm, waktu pembacaan semakin singkat (0,45 detik). Ini menunjukkan bahwa jarak ideal pembacaan berada di kisaran 1–2 cm untuk efisiensi waktu dan akurasi. Saat kartu sangat dekat (1,04 cm), pembacaan hampir instan (0,27 detik). Kondisi ini menggambarkan performa optimal sensor *RFID* karena medan induksi sangat kuat. Pada jarak 0,54 cm, waktu pembacaan tercepat (0,25 detik) tercapai. Namun, jarak terlalu dekat dapat berisiko mengganggu kestabilan sinyal bila kartu tidak sejajar dengan antenna pembaca.

Tabel 3. Deteksi pembacaan kartu terdaftar

No	Kartu Baru	Jarak Baca Alat (cm)	Waktu Pembacaan Alat (detik)
1	Terdeteksi	3.50	05.84
2	Terdeteksi	2.64	05.57
3	Terdeteksi	1.54	05.45
4	Terdeteksi	1.34	05.57
5	Terdeteksi	0.64	05.45

Data 1 Pada jarak maksimum pembacaan, kartu masih dapat dideteksi dengan baik. Waktu pembacaan sedikit lebih lama (5,84 detik) karena sinyal *RFID* melemah di jarak jauh, sehingga proses komunikasi antara tag dan pembaca memerlukan waktu lebih lama untuk menyelesaikan autentikasi data kartu yang terdaftar. Data 2 Pada jarak 2,64 cm, sensor bekerja lebih optimal. Waktu pembacaan menurun menjadi 5,57 detik, menandakan bahwa kekuatan sinyal meningkat dan proses verifikasi data kartu dalam sistem berjalan lebih cepat dibandingkan jarak maksimum. Data 3 Ini merupakan jarak ideal pembacaan, di mana sensor dan kartu berkomunikasi dengan efisien. Waktu 5,45 detik menunjukkan sistem bekerja stabil dalam mendeteksi dan memvalidasi kartu yang telah terdaftar tanpa gangguan. Data 4 Walaupun jarak cukup dekat, waktu pembacaan sedikit meningkat menjadi 5,57 detik. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh posisi atau orientasi kartu yang tidak sejajar sempurna dengan antenna *RFID*, sehingga menyebabkan sedikit penundaan dalam proses pembacaan data. Data 5 Pada jarak sangat dekat, pembacaan berlangsung cepat dan stabil (5,45 detik). Kondisi ini menunjukkan bahwa sensor *RFID* mampu melakukan deteksi optimal saat kartu ditempelkan langsung di area pembaca, tanpa hambatan sinyal. Namun, waktu pembacaan relatif cukup tinggi, yakni di atas 5 detik. Hal ini disebabkan oleh adanya delay tambahan dari proses pemutaran suara melalui modul *DFPlayer MP3*, yang diatur untuk memberikan umpan balik suara setiap kali kartu terdeteksi. Modul *MP3* membutuhkan beberapa detik untuk memutar suara

konfirmasi (misalnya suara "pergerakan terdeteksi" atau "pencurian terdeteksi"), sehingga waktu total yang tercatat tidak hanya mencakup proses pembacaan *UID*, tetapi juga mencakup waktu jeda akibat *audio*.

Tabel 4. Deteksi pembacaan kartu tidak terdaftar

No	Kartu Tidak Terdaftar	Jarak Baca Alat (cm)	Waktu Pembacaan Alat (detik)	Status Sistem Keamanan
1	Terdeteksi	3.54	05.68	Aktif
2	Terdeteksi	2.23	05.65	Aktif
3	Terdeteksi	1.34	05.56	Aktif
4	Terdeteksi	1.03	05.35	Aktif
5	Terdeteksi	0.54	05.36	Aktif

Data 1 (Jarak 3.54 cm, Waktu 5.68 detik) Pada jarak maksimum, kartu tidak terdaftar tetap dapat terdeteksi oleh sensor *RFID*. Sistem membutuhkan waktu sekitar 5,68 detik untuk memproses dan memverifikasi data, kemudian secara otomatis mengaktifkan sistem keamanan karena kartu tidak ditemukan dalam database. Data 2 (Jarak 2.23 cm, Waktu 5.65 detik) Pada jarak lebih dekat, pembacaan masih stabil. Waktu 5,65 detik menunjukkan proses verifikasi berjalan lancar. Data 3 (Jarak 1.34 cm, Waktu 5.56 detik) Pada jarak ini, deteksi kartu berlangsung lebih cepat (5,56 detik). Sistem dengan cepat mengenali bahwa kartu tidak terdaftar dan langsung memicu respon keamanan seperti alarm atau notifikasi. Data 4 (Jarak 1.03 cm, Waktu 5.35 detik) Dengan jarak yang semakin dekat, pembacaan menjadi lebih efisien (5,35 detik) dan sistem segera mengaktifkan *mode* pengamanan, memastikan tidak ada akses ilegal yang lolos dari deteksi. Data 5 (Jarak 0.54 cm, Waktu 5.36 detik) Pada jarak sangat dekat, kartu tetap terbaca namun sistem menolak akses karena data tidak cocok di *database*. Respon keamanan tetap aktif, menunjukkan sistem berfungsi dengan baik bahkan pada jarak pembacaan *minimum*.

4.3 Pengujian Deteksi Gerakan

Pengujian deteksi gerakan dilakukan untuk memastikan sensor *PIR* dapat mendeteksi adanya pergerakan di sekitar area kendaraan secara akurat dan responsif. Pada pengujian ini, sensor *PIR* dipasang pada posisi strategis yang menghadap area parkir, dan diuji dengan berbagai gerakan manusia maupun objek yang mendekati sensor.



Gambar 17. Saat gerakan terdeteksi

Pada Gambar 17 ditunjukkan kondisi ketika sensor *PIR* berhasil mendeteksi adanya gerakan di area pengawasan. Saat gerakan terdeteksi, sistem memberikan respon cepat dengan waktu sekitar 1–1,6 detik. Respon tersebut berupa aktivasi *alarm* suara melalui modul *DFPlayer Mini MP3*, yang memutar suara peringatan untuk memberi tanda bahwa ada aktivitas mencurigakan di sekitar area sistem keamanan. Modul *DFPlayer Mini MP3* berfungsi sebagai pengendali output suara, yang terhubung dengan *speaker mini*. Mekanisme ini memastikan pengguna dapat mendapatkan peringatan *audio* secara langsung dan *real-time*, sehingga meningkatkan efektivitas sistem keamanan dalam mendeteksi ancaman atau pergerakan yang tidak diinginkan. Dengan adanya *alarm* suara yang aktif secara otomatis, pengguna atau orang di sekitar dapat mengetahui potensi ancaman secara langsung, bahkan sebelum sistem mengirimkan notifikasi melalui *SMS*.

Tabel 5. Deteksi gerakan

No	Gerakan	Jarak Pembacaan (cm)	Waktu Respon Alat (detik)
1	Terdeteksi	100	01.54
2	Terdeteksi	150	01.34
3	Terdeteksi	200	01.63
4	Tidak Terdeteksi	300	-
5	Tidak Terdeteksi	340	-

Data 1 (Jarak 100 cm, Waktu 1.54 detik) Pada jarak 1 meter, sensor *PIR* berhasil mendeteksi adanya gerakan dengan waktu respon 1,54 detik. Hal ini menunjukkan bahwa sensor bekerja efektif dalam jarak dekat dan mampu memberikan respon cepat terhadap pergerakan. Data 2 (Jarak 150 cm, Waktu 1.34 detik) Pada jarak 1,5 meter, sensor tetap mendeteksi gerakan dengan respon lebih cepat (1,34 detik). Kondisi ini menandakan sensitivitas sensor masih sangat baik dalam mendeteksi perubahan inframerah dari tubuh manusia pada jarak sedang. Data 3 (Jarak 200 cm, Waktu 1.63 detik) Pada jarak 2 meter, sensor masih dapat mendeteksi gerakan dengan respon sedikit lebih lama (1,63 detik). Penurunan kecepatan ini disebabkan oleh melemahnya intensitas sinyal inframerah yang diterima sensor. Data 4 (Jarak 300 cm, Tidak Terdeteksi) Pada jarak 3 meter, sensor tidak lagi mendeteksi gerakan. Hal ini menunjukkan bahwa batas maksimal jangkauan efektif sensor *PIR* berada di bawah jarak ini. Data 5 (Jarak 340 cm, Tidak Terdeteksi) Pada jarak 3,4 meter, sensor juga tidak mendeteksi gerakan sama sekali, menegaskan bahwa sensor tidak responsif di atas 2 meter, dan sinyal inframerah dari gerakan manusia sudah terlalu lemah untuk dikenali.

4.4 Pengujian Kehilangan Kendaraan

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem keamanan kendaraan mampu mendeteksi kondisi hilangnya kendaraan yang telah diparkir dengan memanfaatkan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jarak, di mana sistem akan mengenali kehilangan apabila kendaraan tidak lagi berada dalam jangkauan sensor (yakni saat jarak melebihi ambang batas tertentu yang telah ditentukan, misalnya > 2m) selama kurun waktu tertentu secara terus-menerus, dan dari kondisi tersebut sistem diharapkan mampu memberikan respon otomatis berupa aktivasi *alarm* dan pemberian peringatan, sehingga pengujian ini penting dilakukan untuk mengevaluasi akurasi dan keandalan sensor ultrasonik dalam mendeteksi perubahan posisi kendaraan serta perannya sebagai komponen utama dalam proses identifikasi potensi kehilangan kendaraan.



Gambar 18. Pengujian kehilangan kendaraan

Pada Gambar 18 ditunjukkan kondisi ketika sistem mendeteksi adanya potensi kehilangan atau pemindahan kendaraan tanpa izin. Deteksi dilakukan melalui sensor ultrasonik yang memantau jarak antara sensor dan kendaraan. Ketika sensor mendeteksi perubahan jarak yang signifikan dari posisi awal, sistem mengenali adanya pergerakan kendaraan yang tidak sah. Sebagai respon terhadap kondisi tersebut, sistem secara otomatis mengaktifkan alarm suara melalui modul *DFPlayer Mini MP3* untuk memberikan peringatan langsung di lokasi. Selain itu, sistem juga mengirimkan notifikasi kepada pemilik kendaraan melalui modul *GSM SIM800L* dalam bentuk pesan *SMS*. Pesan

ini berisi informasi bahwa kendaraan telah berpindah atau terindikasi dicuri.

Tabel 6. Pengujian kehilangan kendaraan

No	Status Kendaraan	Jarak Pembacaan (cm)	Waktu Kendaraan Tidak Terdeteksi (Detik)	Waktu Eksekusi Alat (Detik)
1	Terdeteksi	100	-	-
2	Terdeteksi	150	-	-
3	Terdeteksi	180	-	-
4	Terdeteksi	200	-	-
5	Tidak Terdeteksi	220	06.00	05.00
6	Tidak Terdeteksi	270	10.00	05.00

Hasil pengujian untuk mendeteksi keberadaan kendaraan menggunakan sensor ultrasonik dengan ambang batas jarak 200 cm (2 meter). Pada baris 1 hingga 4, kendaraan masih berada dalam jangkauan sensor dengan jarak pembacaan antara 100 cm hingga 200 cm, sehingga sistem mendeteksi kendaraan sebagai terdeteksi. Dalam kondisi ini, waktu kendaraan tidak terdeteksi dan waktu eksekusi alat tidak berlaku (ditandai dengan tanda “-”) karena sistem tidak melakukan aksi apapun. Pada baris 5 dan 6, jarak pembacaan sudah melewati batas maksimal yaitu 200 cm, dengan nilai 220 cm dan 270 cm, yang berarti kendaraan sudah tidak terdeteksi lagi oleh sensor. Pada kasus ini, waktu kendaraan tidak terdeteksi selama 6 dan 10 detik berturut-turut, yang kemudian memicu waktu eksekusi alat selama 5 detik. Waktu eksekusi ini adalah periode saat sistem mengaktifkan alarm dan notifikasi sebagai respons terhadap potensi kehilangan kendaraan.

4.5 Pengujian Pengiriman sms Otomatis

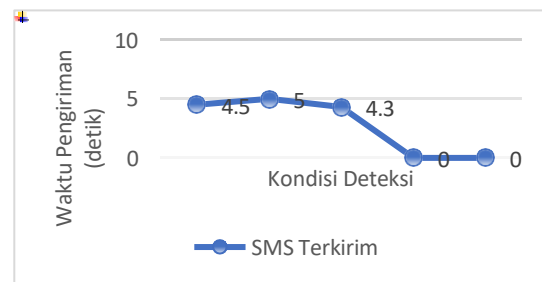
Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa modul SIM800L yang digunakan pada sistem dapat mengirimkan pesan SMS secara otomatis ketika terdeteksi adanya percobaan pencurian atau kondisi darurat lainnya. Pengiriman SMS merupakan salah satu fitur krusial dalam sistem keamanan ini, karena berfungsi sebagai notifikasi jarak jauh kepada pemilik kendaraan.

Tabel 7. Pengujian pengiriman sms otomatis

No	Kondisi Deteksi	Status Sinyal GSM	Nomor Valid	SMS Terkirim	Waktu Pengiriman (Detik)
1	Kehilangan Kendaraan	Kuat	Ya	Ya	04.50
2	Kehilangan Kendaraan	Kuat	Tidak	Ya	05.00
3	Kehilangan Kendaraan	Kuat	Ya	Ya	04.30
4	Kendaraan Terdeteksi	Kuat	Ya	-	-
5	Kendaraan Terdeteksi	Kuat	Tidak	-	-

Pada data 1, kondisi yang terdeteksi adalah kehilangan kendaraan dengan status sinyal GSM kuat dan nomor tujuan valid. Sistem berhasil mengirimkan pesan dalam waktu 4,50 detik. Data 2, kondisi sistem sama yaitu kehilangan kendaraan dan sinyal GSM kuat, namun nomor tujuan tidak valid. Sistem tetap menjalankan proses pengiriman SMS dengan waktu 5,00 detik, meskipun pesan tidak diterima oleh penerima. Data 3, kondisi kehilangan kendaraan kembali diuji dengan sinyal GSM kuat dan nomor valid. Sistem berhasil mengirimkan SMS dengan waktu respon 4,30 detik, sedikit lebih cepat dibanding dua pengujian sebelumnya. Data 4, kondisi yang terdeteksi adalah kendaraan terdeteksi normal, dengan sinyal GSM kuat dan nomor valid. Dalam keadaan ini, sistem tidak mengirimkan SMS, karena tidak

ada potensi kehilangan atau ancaman yang terdeteksi. Data 5, kondisi juga menunjukkan kendaraan terdeteksi normal, dengan sinyal GSM kuat namun nomor tidak valid. Sama seperti pada data keempat, sistem tidak mengirimkan SMS karena tidak ada kejadian kehilangan.



Grafik 1. Pengiriman SMS otomatis

Grafik menunjukkan perbandingan waktu pengiriman pesan otomatis oleh modul SIM800L berdasarkan kondisi deteksi sistem. Terlihat bahwa pada Data 1, Data 2, dan Data 3, sistem berhasil mengirimkan SMS dengan waktu rata-rata antara 4,30 hingga 5,00 detik, yang menandakan kinerja pengiriman pesan cukup cepat dan stabil. Pada Data 1, waktu pengiriman tercatat 4,50 detik, sedangkan Data 3 menunjukkan hasil terbaik dengan 4,30 detik. Sementara itu, pada Data 2, waktu pengiriman sedikit lebih lama yaitu 5,00 detik, disebabkan oleh nomor penerima yang tidak valid, sehingga jaringan memerlukan waktu tambahan untuk memproses pesan yang gagal dikirimkan ke penerima. Sebaliknya, pada Data 4 dan Data 5, sistem tidak mengirimkan pesan karena kondisi kendaraan terdeteksi normal. Hal ini memperlihatkan bahwa sistem hanya aktif mengirimkan notifikasi ketika terjadi kondisi abnormal atau potensi kehilangan kendaraan, sesuai dengan prinsip efisiensi pengiriman pesan dan logika keamanan yang diterapkan..



Gambar 19. Tampilan Pesan SMS

Pada waktu 09.43, sistem mengirimkan SMS pertama kepada pengguna sesuai dengan percobaan pengujian tahap awal. Pengiriman pesan ini terjadi ketika sistem mendeteksi adanya aktivitas yang terindikasi sebagai pencurian, yaitu keberadaan objek pada jarak tertentu dari sensor ultrasonik menghilang. Respon cepat ini menandakan bahwa sistem mampu mengenali kondisi abnormal dan segera mengeksekusi perintah untuk mengirim notifikasi ke pengguna. Selanjutnya, pada waktu 09.46, sistem kembali mengirimkan SMS kedua sesuai dengan pengujian tahap lanjutan, yang dilakukan untuk memastikan konsistensi kinerja modul dalam kondisi yang berbeda. Interval waktu antara kedua pengiriman ini menunjukkan kemampuan sistem dalam memberikan peringatan berulang jika ancaman terdeteksi lebih dari satu kali, tanpa mengalami keterlambatan atau kegagalan komunikasi.

5 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian, sistem keamanan pintar ini terbukti cepat, dan efisien, mampu mendeteksi kartu baru pada jarak 0,54–3,50 cm (0,25–0,84 detik), kartu terdaftar pada 0,64–3,50 cm (5,45–5,84 detik), kartu tidak terdaftar pada 0,54–3,54 cm (5,35–5,68 detik) dengan sistem aktif, serta mendeteksi gerakan melalui PIR pada jarak 100–200 cm (1,34–1,63 detik) dan perubahan posisi kendaraan melalui sensor ultrasonik, dengan alarm suara *DFPlayer Mini MP3* dan notifikasi SMS modul *GSM SIM800L*, sehingga keseluruhan sistem memberikan perlindungan *real-time*, autentikasi *multi-lapisan*, dan pengalaman penggunaan yang aman, cepat, serta responsif, hanya memerlukan sedikit optimasi pada modul *GSM* untuk performa optimal di berbagai kondisi jaringan.

1. Kontribusi Penulis

Anka Dza Sitta Asyar berkontribusi dalam keseluruhan proses penelitian, meliputi konseptualisasi ide, perancangan metodologi, pembuatan dan pemrograman perangkat lunak, validasi sistem, analisis data, serta pelaksanaan investigasi lapangan. Selain itu, juga bertanggung jawab atas penyediaan sumber daya penelitian, pengumpulan dan pengelolaan data, penulisan naskah awal, penyuntingan dan peninjauan naskah, visualisasi hasil, serta pengelolaan administrasi proyek dan pembiayaan penelitian secara mandiri. Gaguk Firasanto berperan sebagai penyusunan naskah ilmiah berlangsung proses validasi, analisis formal, guna memastikan penelitian berjalan sesuai kaidah ilmiah dan menghasilkan hasil yang optimal. Sari Amalia berkontribusi dalam peninjauan dan penyuntingan naskah. Juga memberikan masukan dalam penyusunan metode pengujian dan interpretasi hasil penelitian untuk meningkatkan kualitas analisis sistem.

2. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak atas bimbingan, dukungan, dan fasilitas yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan, serta kepada orang tua tercinta yang senantiasa memberikan doa, motivasi, dan kasih sayang selama proses penelitian ini berlangsung.

3. Referensi

- [1] Dinesh, K. &. (2017). *Development Of Smart Parking System Using Arduino And RFID*. *International Journal Of Advanced Research In Computer Science*, , 182-187.
- [2] Banshal, M. K. (2018). *Ultrasonic Distance Measurement Using HC-SR04 Sensor*. *International Journal Of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 112-116..
- [3] Haryanto, A. &. (2020). Perancangan Sistem Keamanan Pintu Menggunakan Kartu *RFID* Dan Mikrokontroler *Arduino Uno*. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 58-65.
- [4] Jain, S. &. (2018). *Design And Implementation Of An Automatic Parking System Using RFID And Ultrasonic Sensors*. *International Journal Of Engineering Research And Applications*, 53-58.
- [5] Mahmud, M. T. (2020). *Real-Time Car Parking Monitoring System Based On Ultrasonic Sensor*. *Journal Of Computer Science*, , 123-129.
- [6] Navas, M. V. (2017). *Parking Management System Using Arduino And RFID Technology*. *Proceedings Of The International Conference On Automation And Computing*, 115-119.
- [7] Nugraha, R. D. (2020). Kontrol Perangkat Elektronik Menggunakan *Smartphone* Berbasis *Internet Of Things (Iot)*. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komputer*,, 12-18.
- [8] Prasetyo, H. (2019). Pemanfaatan *Solenoid* Sebagai Kunci Elektrik Otomatis Pada Sistem Keamanan Rumah. *Jurnal Elektro Dan Telekomunikasi*,, 66-72.
- [9] Putra, A. R. (2022). Perancangan Sistem Alarm Kendaraan Dengan *Output Speaker* Aktif Berbasis *Arduino Uno*. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Elektronika*, 79-84.
- [10] Saputra, H. (2019). Pemodelan *Solenoid DC* Sebagai Aktuator Elektromagnetik. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 120–128.
- [11] Shankar, R. &. (2018). *Smart Parking System With Automatic Locking And Notification System Using Iot*. *International Journal Of Engineering And Technology*,, 120-124.
- [12] Sharma, P. &. (2019). *Smart Parking System With Iot-Based Vehicle Detection And Parking Slot Availability*. . *International Journal Of Computer Applications*, 7-12.
- [13] Siregar, R. &. (2021). Implementasi Sensor Inframerah Pada Sistem Deteksi Gerak Otomatis. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 45-50.
- [14] Siregar, R. (2018). Perancangan Alat Kontrol Pintu Otomatis Menggunakan *Solenoid Door Lock* Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal TEKNOIF*, 24–30.
- [15] Wahyudi, D. &. (2020). Rancang Bangun Sistem Kontrol Pintu Otomatis Menggunakan *Solenoid 12 Volt* Berbasis *Arduino UNO*. *Jurnal Teknologi Elektro*, 55–62.
- [16] Wibowo, D. A. (2021). Rancang Bangun Sistem Keamanan Berbasis *Arduino* Dan Modul *GSM* Untuk Notifikasi SMS. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa*,, 30-36.
- [17] Zhiqiang, X. &. (2016). *Design Of An Intelligent Parking Management System Based On Iot*. *Journal Of Control Engineering And Technology*, 203-209.
- [18] Jati Kinsela Brajamusti, C. &. (2023). *Design Of ESP32_Based Satellite System Communication Capability Using GSM Module SIM800L*, 17-36.
- [19] Masbah Eame, E. &. (2023). *Challenges And Opportunities In Smart Parking Sensor Technologies*, 44-59.
- [20] Nur Amalina Muhamad, N. &. (2025). *Cyberpark :An IoT Based Automated Parking Management And Monitoring System Using RFID And ESP32*, 119-129.
- [21] Tri Rijanto, &. (2025). Pengembangan Sistem Palang Pintu Otomatis Ditempat Parkir FT UNESA Menggunakan Sensor *RFID* Dan Sensor Ultrasonik Berbasis *Bot Telegram*, 230-237.
- [22] Septi Rahayu , &. (2024). Implementasi *RFID* Sebagai Keamanan Koleksi Diperpustakaan UIN Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung, 107–118.
- [23] Alfi Syahri. &. (2025) Perancangan Sistem Keamanan untuk Deteksi Pencurian Menggunakan Sensor *Magnetic* dan *RFID* Berbasis *Internet of Things*,, 164-170.
- [24] Fajar Mahardika. &. (2023) Konsep Rancangan *RFID Tag* Keamanan Lemari Loker Perpustakaan Berbasis *MySQL*, 12-18.
- [25] Alvin Aditya. &. (2024). Pengembangan Sistem Radar Pendeteksi Objek Berbasis *Arduino Uno*, 10-14.
- [26] Mohamed Abu Shroud. &. (2023). *Challenges And Opportunities In Smart Parking Sensor Technologies*. *International Journal Of Electrical Engineering And Sustainability (IJEEES)*, 44–59.
- [27] Jimoh.A.A. &. (2025). *Development And Implementation Of Internet Of Things Based Vehicle Tracking System*. *Journal Of Engineering Research And Development (JERD)* 38–48.
- [28] Odeyemi, C.S. &. (2024). *Development Of Real-Time Home Automation System With SMS Alert On Nigeria GSM Networks*. *FUTAJEET*, 35-45.
- [29] Asra Nazarwati. &. (2024). Sistem Keamanan Rumah Dan Buka Pintu Menggunakan *Keypad* Berbasis *Arduino*. *Jurnal Multidisiplin Teknik,Sains,Pendidikan Dan Teknologi*, 13-17.
- [30] Harishni I. &. (2024). *Design And Simulation Of An Arduino-Based Password-Protected Door Locking System*.*International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 25-30.
- [31] Omosor, J.C. &. (2025). *Security Enhancement Using Multifactor Authentication Strategy for the Solenoid Door Access Control and Management: A Pilot Study*.*FUPRE Journal of Scientific and Industrial Research*, 254-270.
- [32] Icha Novalita Nainggolan. &. (2025). *Designing an Internet of Things-Based Automatic Door Lock System Using Esp32 Cam, Keypad, Fingerprint with Telegram Notifications at PT. Hosana Inti*, *Journal Majelis Paspama*, 57-67.