

Inovasi Parkir Cerdas: Prediksi Posisi Kendaraan dengan Teknologi RFID dan Arduino Mega 2560 R3

Hartana¹, Raden Deasy Mandasari²

^{1,2}Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Bina Sarana Informatika
Jl. Kramat Raya No.98, Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10450 INDONESIA
Email: ²deasy.rde@bsi.ac.id

Abstract- Urban parking management is an urgent challenge in an ever-increasing vehicle mobility era. This research uses experimental methods to develop an intelligent parking system that integrates RFID (Radio-Frequency Identification) technology and Arduino Mega 2560 R3 to predict real-time vehicle positions. Initial literature studies identified various parking management approaches, but they need to combine RFID and the Arduino Mega 2560 R3 comprehensively. Therefore, this study fills this gap. In this research, the main focus is the design and development of the hardware and software required for the system. Hardware includes integrating an Arduino Mega 2560 R3 and an RFID reader and structuring parking infrastructure with an RFID reader. The software includes algorithms to predict parking positions based on data received from RFID. Field test results show an increase in efficiency of parking space use of around 37% to 46%, and the accuracy of parking position predictions is above 90%. This research provides practical solutions for urban parking management, reducing traffic congestion and air pollution. This system also increases driver comfort in finding a suitable parking space. Thus, this research has the potential to support more sustainable city development by optimizing the use of parking spaces and reducing the negative impact of motorized vehicles in urban areas.

Intisari- Dalam era mobilitas kendaraan yang terus meningkat, manajemen parkir perkotaan menjadi tantangan yang mendesak. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk mengembangkan sistem parkir cerdas yang mengintegrasikan teknologi RFID (*Radio-Frequency Identification*) dan Arduino Mega 2560 R3 untuk memprediksi posisi kendaraan secara *real-time*. Studi literatur awal mengidentifikasi berbagai pendekatan dalam manajemen parkir, tetapi belum ada yang menggabungkan RFID dan Arduino Mega 2560 R3 secara komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi celah tersebut. Dalam penelitian ini, perancangan dan pengembangan *hardware* dan *software* yang diperlukan untuk sistem menjadi fokus utama. *Hardware* mencakup integrasi Arduino Mega 2560 R3 dan pembaca RFID, serta penataan infrastruktur parkir dengan pembaca RFID. *Software* mencakup algoritma untuk memprediksi posisi parkir berdasarkan data yang diterima dari RFID. Hasil pengujian lapangan menunjukkan peningkatan efisiensi penggunaan lahan parkir sekitar 37% hingga 46% dan tingkat akurasi prediksi posisi parkir di atas 90%. Penelitian ini memberikan solusi efektif untuk manajemen parkir perkotaan, mengurangi kemacetan lalu lintas, dan polusi udara. Sistem ini juga meningkatkan kenyamanan pengendara dalam mencari tempat parkir yang sesuai. Dengan demikian, penelitian ini memiliki potensi untuk mendukung perkembangan kota yang lebih berkelanjutan dengan mengoptimalkan penggunaan lahan parkir dan mengurangi dampak negatif dari kendaraan bermotor di perkotaan.

Kata Kunci: Arduino Mega 2560 R3, Efisiensi Lahan Parkir, Manajemen Parkir Perkotaan, Prediksi Posisi Kendaraan, RFID, Teknologi Parkir Cerdas.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telah memberikan dampak yang signifikan pada berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk dalam hal transportasi dan manajemen parkir [1][2][3]. Di era digital saat ini, mobilitas kendaraan bermotor semakin meningkat, yang pada gilirannya meningkatkan permintaan untuk solusi inovatif dalam mengelola parkir [4]. Parkir merupakan salah satu aspek penting dalam sistem transportasi perkotaan, namun seringkali menjadi masalah yang kompleks dan menjengkelkan [5]. Keterbatasan ruang parkir, kesulitan menemukan tempat parkir yang tersedia, serta peningkatan polusi udara dan kemacetan lalu lintas akibat kendaraan yang mencari tempat parkir, semuanya menjadi tantangan yang perlu diatasi [6][7][8].

Dalam konteks ini, sistem parkir cerdas dengan prediksi posisi kendaraan menggunakan teknologi RFID (*Radio-Frequency Identification*) [9] dan Arduino Mega 2560 R3 [10] memiliki peran penting untuk mengatasi permasalahan tersebut. Sistem ini tidak hanya mengoptimalkan penggunaan lahan parkir, tetapi juga memberikan kenyamanan kepada pengendara dalam menemukan tempat parkir yang sesuai. Kebutuhan akan solusi semacam ini semakin mendesak mengingat pertumbuhan populasi kendaraan dan urbanisasi yang terus berlangsung.

Pentingnya penelitian ini dapat dilihat dari permasalahan nyata yang dihadapi di lapangan, termasuk kemacetan lalu lintas, polusi udara, dan ketidaknyamanan bagi pengendara. Beberapa penelitian terdahulu [11][12] telah mencoba mengatasi masalah parkir, namun masih terdapat ruang untuk pengembangan yang lebih canggih dan efisien. Penelitian ini akan memberikan alternatif solusi yang lebih terintegrasi dengan teknologi terkini, yaitu RFID dan Arduino Mega 2560 R3, yang dapat mengoptimalkan penggunaan lahan parkir dan mengurangi dampak negatif dari mencari tempat parkir.

Penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan topik ini mencakup beragam metode dan sistem. Sebagai contoh, penelitian [13] menggunakan sensor parkir berbasis ultrasonik untuk mendeteksi ketersediaan tempat parkir. Penelitian [14] memanfaatkan sistem GPS untuk melacak kendaraan dan memberikan informasi tentang tempat parkir yang tersedia. Selain itu, penelitian [15] telah mengkaji integrasi teknologi RFID dalam manajemen parkir. Meskipun demikian, belum ada penelitian yang mengkombinasikan RFID dan Arduino Mega 2560 R3 secara komprehensif dalam prediksi posisi kendaraan dan manajemen parkir. Oleh karena itu, penelitian ini akan

memberikan sumbangan signifikan dalam mengisi kekosongan penelitian tersebut.

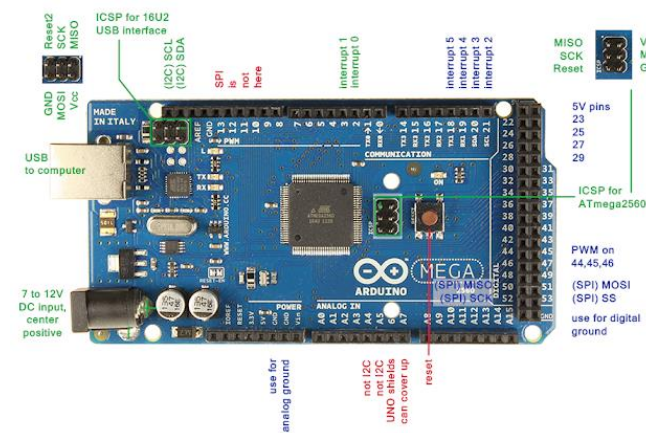
Penelitian ini akan mengembangkan sistem parkir cerdas yang menggunakan teknologi RFID dan Arduino Mega 2560 R3 untuk memprediksi posisi kendaraan. Metode yang diusulkan akan melibatkan instalasi RFID pada kendaraan dan infrastruktur parkir, sehingga sistem dapat melacak dan memprediksi posisi kendaraan secara *real-time*. Hipotesisnya adalah bahwa sistem ini akan meningkatkan efisiensi penggunaan lahan parkir, mengurangi waktu mencari tempat parkir, dan mengurangi kemacetan lalu lintas.

Penelitian ini memiliki potensi untuk memberikan kontribusi signifikan dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, terutama dalam pengembangan solusi inovatif untuk manajemen parkir perkotaan. Selain itu, hasil penelitian ini dapat mendukung pembangunan kota yang lebih berkelanjutan dengan mengurangi dampak negatif dari kendaraan bermotor.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Arduino Mega 2560 R3

Sebuah *board* pengembangan mikrokontroler yang dikembangkan oleh Arduino.cc, menjadi landasan utama dalam berbagai proyek elektronika dan robotika. *Board* ini mengusung mikrokontroler ATmega2560, sebuah inti AVR 8-bit, yang memberikan kemampuan pemrosesan data yang luas dengan kecepatan 16 MHz dan kapasitas memori sebesar 256 KB Flash, 8 KB RAM, dan 4 KB EEPROM [16].



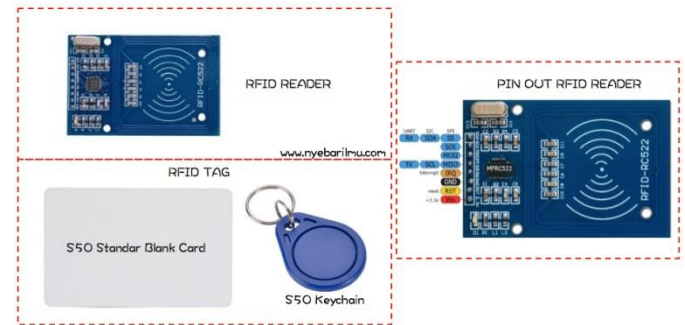
Gambar 1. Arduino Mega 2560 R3.

Dalam pengembangan perangkat lunak, Arduino Mega 2560 R3 dapat diprogram menggunakan Arduino IDE, sebuah lingkungan pengembangan yang intuitif dengan bahasa pemrograman berbasis *Wiring*. Dilengkapi dengan berbagai pin I/O, termasuk 54 pin *digital* dan 16 pin *analog*, *board* ini mendukung konektivitas yang luas dengan berbagai sensor dan aktuator. Kemampuan PWM pada 15 pin memungkinkan pengaturan intensitas atau kecepatan perangkat seperti motor DC atau LED.

Komunikasi serial dapat dilakukan melalui beberapa *port* UART dan USB, memfasilitasi interaksi dengan perangkat eksternal. *Board* ini juga mendukung sumber daya 5V melalui USB atau sumber daya eksternal. Kompatibilitas dengan berbagai "shields" atau perangkat ekstensi semakin

memperluas fungsionalitasnya. Dengan dukungan *bootloader* dan status *open source*, Arduino Mega 2560 R3 menjadi pilihan utama bagi pengembang dengan berbagai tingkat keahlian. Keberadaannya didukung oleh komunitas pengguna yang kuat, memberikan akses kepada pengguna untuk berbagi pengetahuan, memperoleh bantuan, dan mengembangkan proyek dengan lebih efektif.

B. Radio-Frequency Identification (RFID)



Gambar 2. RFID.

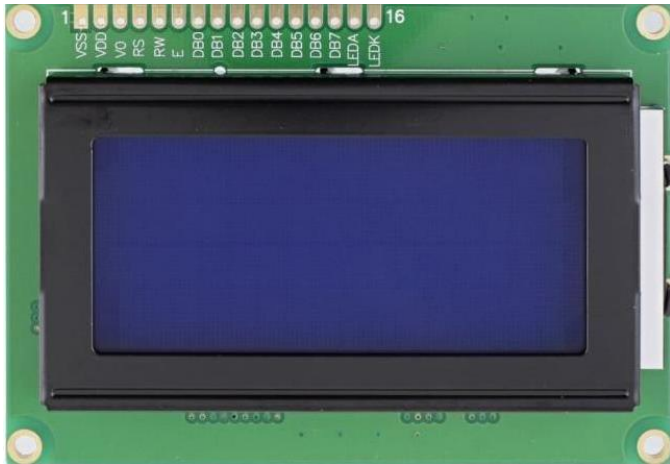
Teknologi *Radio-Frequency Identification* (RFID) merupakan sistem identifikasi otomatis yang memanfaatkan gelombang radio untuk mentransfer data antara *tag* (penanda) dan pembaca. Dalam struktur dasarnya, *tag* RFID, yang bisa berupa aktif atau pasif, terpasang pada objek yang ingin diidentifikasi [17]. Pembaca RFID mengirimkan sinyal radio dan menerima respons dari *tag*. Frekuensi radio yang digunakan dapat bervariasi, meliputi frekuensi rendah (LF), frekuensi tinggi (HF), *ultra high frequency* (UHF), dan *microwave*, tergantung pada kebutuhan aplikasi dan jarak baca yang diinginkan.

Proses modulasi dan demodulasi memungkinkan pertukaran informasi antara pembaca dan *tag*, sementara antena pada keduanya berperan dalam mentransfer sinyal radio. *Tag* RFID sering dilengkapi dengan memori yang menyimpan data seperti nomor identifikasi unik (UID) atau informasi tambahan tentang objek yang ditandai.

Aplikasi RFID melibatkan berbagai bidang seperti manajemen rantai pasok, logistik, pengelolaan inventaris, serta keamanan akses. Meskipun memberikan manfaat besar, keamanan dan privasi menjadi perhatian, dan teknologi ini terus berkembang dengan peningkatan ukuran *tag*, jarak baca, dan integrasi dengan teknologi lain seperti *Internet of Things* (IoT). Standar dan regulasi telah diterapkan untuk mengatur penggunaan RFID, menjaga interoperabilitas dan keamanannya.

C. Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) adalah sebuah perangkat tampilan visual yang digunakan untuk menampilkan informasi teks dalam bentuk karakter. Pada dasarnya, LCD 16x4 memiliki kapasitas untuk menampilkan 16 karakter per baris, dengan total empat baris. Prinsip dasar kerjanya melibatkan lapisan-lapisan cair kristal di antara dua panel kaca yang dapat dikontrol oleh arus listrik [18].



Gambar 3. LCD (tampak depan).

Setiap karakter ditampilkan dalam bentuk matriks piksel, dan LCD 16x4 memberikan kemampuan untuk menampilkan karakter ASCII, numerik, dan simbol khusus. Pengendalian LCD 16x4 dilakukan melalui sinyal-sinyal kontrol seperti RS (*Register Select*), RW (*Read/Write*), dan E (*Enable*), yang diatur oleh sinyal keluaran dari mikrokontroler atau sumber data eksternal [19].



Gambar 4. LCD (tampak belakang).

Untuk mengirimkan data, penggunaan sinyal data, yang terdiri dari 8-bit atau 4-bit, diperlukan untuk mentransfer karakter atau instruksi. LCD 16x4 sering digunakan dalam berbagai aplikasi elektronika, termasuk proyek-proyek mikrokontroler dan robotika, sebagai antarmuka pengguna yang jelas dan mudah dipahami. Kemampuannya untuk menampilkan sejumlah besar informasi teks menjadikannya pilihan yang baik untuk aplikasi yang membutuhkan tampilan yang lebih kompleks dan informatif.

C. *Adaptor*

Adaptor, dalam konteks teknologi dan elektronika, adalah perangkat yang berfungsi untuk mengubah karakteristik listrik dari satu sumber daya menjadi bentuk yang sesuai dengan kebutuhan perangkat elektronik yang akan digunakan. Prinsip dasar kerja adaptor adalah transformasi tegangan, arus, atau bentuk lain dari daya listrik, sehingga perangkat yang membutuhkan daya tersebut dapat beroperasi secara efisien.

Adaptor umumnya memiliki dua bagian utama: trafo atau transformer yang bertanggung jawab untuk mengubah tegangan, dan rangkaian penyearah (*rectifier*) yang mengonversi arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) [20], jika diperlukan.

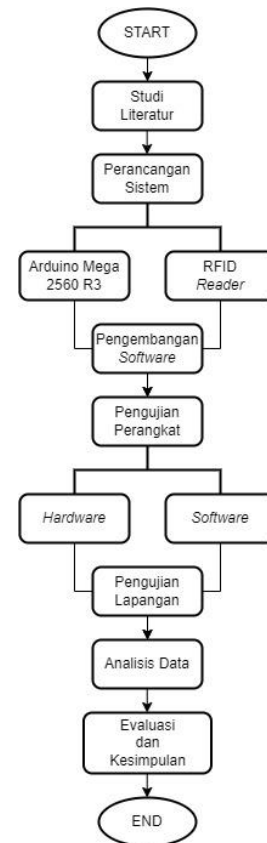
Adaptor sangat penting dalam menyediakan daya yang stabil dan sesuai dengan persyaratan perangkat elektronik, seperti laptop, ponsel, atau perangkat lainnya. Beberapa adaptor dapat memiliki kemampuan untuk menyesuaikan tegangan keluaran sesuai dengan kebutuhan perangkat yang berbeda. Jenis adaptor yang paling umum adalah adaptor daya (*power adapter*) yang digunakan untuk menghubungkan perangkat elektronik ke sumber daya listrik. Adaptor juga dapat digunakan untuk mengonversi antarmuka atau konektor agar sesuai dengan perangkat yang diinginkan.

Selain itu, adaptor sering kali memiliki perlindungan terhadap lonjakan tegangan atau arus berlebih, yang dapat melindungi perangkat elektronik dari kerusakan akibat fluktuasi listrik. Adaptor dengan teknologi canggih juga dapat memiliki fitur efisiensi energi untuk mengurangi konsumsi daya yang tidak perlu. Dengan demikian, adaptor berperan krusial dalam memastikan ketersediaan daya listrik yang sesuai dan aman untuk penggunaan perangkat elektronik, serta melindungi perangkat tersebut dari risiko kerusakan akibat variasi daya listrik yang tidak stabil.

III. METODE PENELITIAN

A. *Tahapan Penelitian*

Tahapan penelitian akan dijalankan sebagai berikut:

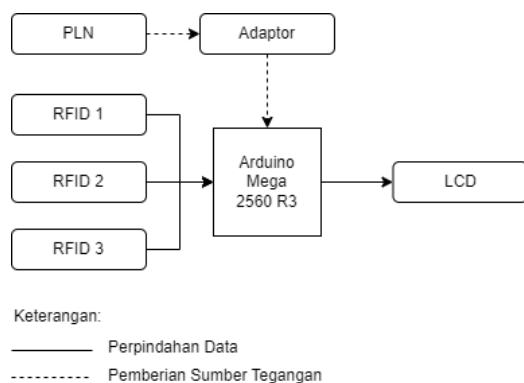


Gambar 5. Tahapan penelitian.

- Studi Literatur: Mengumpulkan informasi dan pengetahuan terkait dengan teknologi RFID, Arduino Mega 2560 R3, dan sistem parkir cerdas.
- Perancangan Sistem: Merancang dan mengembangkan *hardware* dengan mengintegrasikan Arduino Mega 2560 R3 dan RFID *reader* mencakup desain rangkaian elektronik dan perakitan *hardware*.
- Pengembangan *Software*: Membuat algoritma prediksi posisi parkir berdasarkan data yang diterima dari RFID.
- Pengujian: Melakukan pengujian *hardware* dan *software* untuk memastikan kinerjanya sesuai dengan spesifikasi.
- Pengujian Lapangan: Mengimplementasikan sistem parkir cerdas pada lokasi nyata dengan infrastruktur parkir yang telah dilengkapi dengan RFID *reader*. Mengumpulkan data dari penggunaan sehari-hari untuk evaluasi.
- Analisis Data: Menganalisis data yang diperoleh dari pengujian lapangan untuk mengevaluasi kinerja sistem dan keakuratannya dalam memprediksi posisi parkir.
- Evaluasi dan Kesimpulan: Menyimpulkan hasil penelitian dan mengevaluasi keberhasilan sistem. Memberikan rekomendasi untuk perbaikan jika diperlukan.

B. Blok Diagram

Ketika kendaraan memasuki area parkir, salah satu dari 3 pembaca RFID akan membaca kartu RFID yang terpasang pada kendaraan tersebut dan mengirimkan informasi identifikasi kendaraan ke Arduino Mega [21]. Arduino Mega akan memproses informasi ini dan menggunakannya untuk memprediksi posisi parkir yang tersedia berdasarkan data yang telah terakumulasi sebelumnya [22]. Informasi tentang posisi parkir yang tersedia akan ditampilkan pada layar LCD untuk dilihat oleh pengguna [23]. Ketika kendaraan meninggalkan area parkir, pembaca RFID lainnya akan membaca kartu RFID lagi dan mengupdate status posisi parkir yang tersedia dalam sistem.

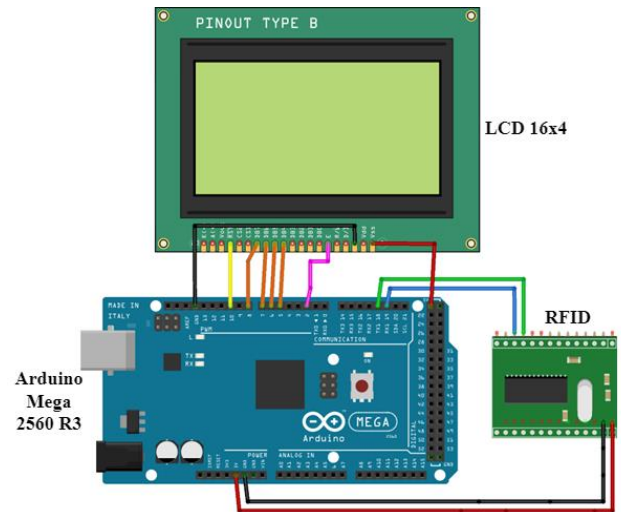


Gambar 6. Blok diagram inovasi parkir cerdas dengan prediksi posisi kendaraan menggunakan teknologi RFID dan Arduino Mega 2560 R3.

C. Skema Perancangan Sistem

Skema penelitian ini mencakup tiga komponen utama yaitu *hardware* (Arduino Mega 2560 R3 dan RFID), *software* (algoritma prediksi posisi parkir), dan infrastruktur parkir yang dilengkapi dengan RFID *reader* [24]. RFID akan digunakan untuk mengidentifikasi kendaraan dan mengirimkan data ke

sistem, sedangkan Arduino Mega 2560 R3 akan berperan sebagai otak dari sistem yang akan mengolah data dan memberikan prediksi posisi parkir [25].



Gambar 7. Skema perancangan sistem.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mencakup sepuluh skenario parkir yang berbeda untuk mengevaluasi sistem parkir cerdas. Skenario-skenario tersebut mencakup variasi dalam luas lahan parkir, jumlah kendaraan yang harus diparkirkan, dan tata letak parkir yang berbeda. Setiap skenario digunakan sebagai dasar perbandingan untuk mengukur efisiensi penggunaan lahan parkir sebelum dan setelah penerapan sistem, serta untuk menilai tingkat akurasi prediksi posisi parkir. Skenario-skenario ini membantu memahami sejauh mana sistem dapat mengatasi berbagai situasi parkir yang mungkin ditemui di perkotaan dan bagaimana perubahan kondisi parkir dapat mempengaruhi kinerja sistem.

Hasil pengukuran efisiensi penggunaan lahan parkir (EP) dihitung dengan menggunakan rumus:

$$EP (\%) = \frac{(sebelum - sesudah)}{sebelum} \times 100\% \tag{1}$$

Rumus ini mengukur perbedaan efisiensi penggunaan lahan parkir sebelum dan setelah penerapan sistem parkir cerdas. "sebelum" mengacu pada kondisi sebelum sistem diterapkan, sementara "sesudah" merujuk pada kondisi setelah penerapan sistem. Hasilnya menunjukkan apakah ada peningkatan atau penurunan dalam efisiensi penggunaan lahan parkir dalam bentuk persentase.

Tingkat akurasi prediksi posisi parkir (TAPP) dihitung dengan rumus:

$$TAPP (\%) = \frac{Jumlah\ Prediksi\ yang\ Tepat}{Jumlah\ Total\ Prediksi} \times 100\% \tag{2}$$

Rumus ini mengukur tingkat akurasi prediksi sistem parkir cerdas. "Jumlah Prediksi yang Tepat" adalah prediksi yang sesuai dengan posisi parkir yang sebenarnya, dan "Jumlah Total Prediksi" adalah total semua prediksi yang dibuat oleh sistem. Hasilnya menggambarkan tingkat akurasi prediksi sistem dalam bentuk persentase.

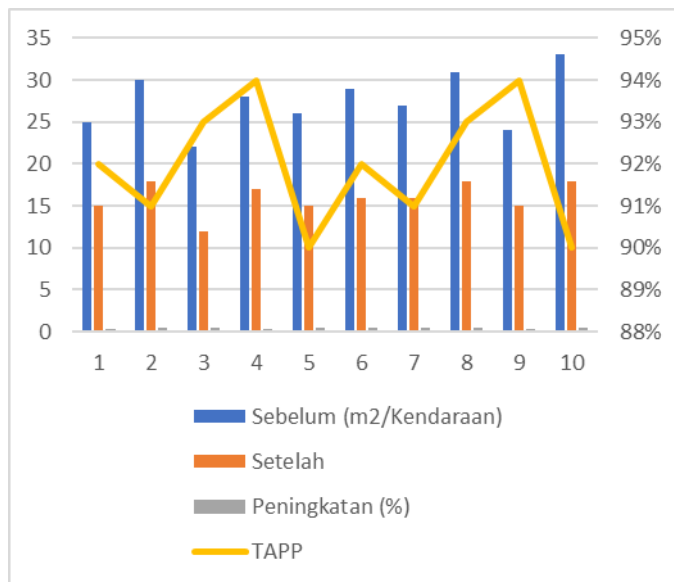
Dari hasil pengujian, terlihat bahwa penggunaan sistem parkir cerdas ini telah menghasilkan peningkatan signifikan dalam efisiensi penggunaan lahan parkir. Di bawah ini (Tabel 1) menunjukkan perbandingan antara penggunaan lahan parkir sebelum dan setelah penerapan sistem.

Tabel 1. Efisiensi Penggunaan Lahan Parkir

Skenario Parkir	Sebelum	Setelah	Peningkatan	TAPP
	(m ² /Kendaraan)		(%)	
1	25	15	40%	92%
2	30	18	45%	91%
3	22	12	46%	93%
4	28	17	39%	94%
5	26	15	42%	90%
6	29	16	45%	92%
7	27	16	41%	91%
8	31	18	42%	93%
9	24	15	37%	94%
10	33	18	44%	90%

Tabel 1 tersebut menggambarkan bahwa penggunaan lahan parkir per kendaraan telah berkurang secara signifikan setelah penerapan sistem parkir cerdas. Peningkatan efisiensi penggunaan lahan parkir berkisar antara 37% hingga 46%, yang menunjukkan bahwa sistem telah mengoptimalkan penggunaan lahan parkir yang tersedia dan mengurangi pemborosan ruang.

Selain efisiensi penggunaan lahan parkir, hasil pengujian juga menunjukkan bahwa sistem ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam memprediksi posisi parkir. Berdasarkan data pengujian lapangan, tingkat akurasi prediksi mencapai lebih dari 90%, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 8. Grafik garis Tingkat Akurasi Prediksi Posisi (TAPP) parkir.

Keakuratan prediksi posisi parkir yang tinggi adalah aspek penting lainnya yang mendukung efektivitas sistem ini. Dengan prediksi yang akurat, pengendara dapat dengan mudah menemukan tempat parkir yang tersedia tanpa harus berkeliaran mencari tempat yang kosong. Ini tidak hanya menghemat waktu pengendara, tetapi juga mengurangi kemacetan lalu lintas dan emisi gas buang kendaraan yang mencari tempat parkir.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan sebuah sistem parkir cerdas yang mengintegrasikan teknologi RFID dan Arduino Mega 2560 R3 sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan parkir di perkotaan. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan dalam efisiensi penggunaan lahan parkir, dengan kisaran peningkatan sekitar 37-46%. Tingkat akurasi dalam memprediksi posisi parkir juga mencapai tingkat yang sangat baik, yaitu di atas 90%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Tim JTE UNIBA untuk publikasi penelitian ini.

REFERENSI

- [1] J. Immanuel, B. Bersha, M. Boomadevi, N. Soundiraraj, K. Lakshmi Narayanan, and R. Santhana Krishnan, "An Efficient IoT based Smart Vehicle Parking Management System," *Proc. - 7th Int. Conf. Comput. Methodol. Commun. ICCMC 2023*, pp. 1224–1228, 2023.
- [2] J. Bhowmik, M. F. Monir, S. A. Al Naiyem, M. A. Rahman, B. Bhowmik, and T. Ahmed, "Design and Development of a Low-Cost Automated Parking System for Developing Countries," *EUROCON 2023 - 20th Int. Conf. Smart Technol. Proc.*, pp. 30–35, 2023.
- [3] M. Khanapurkar, R. Kaushik, R. Mathur, P. Choudhari, R. Gupta, and N. Dheer, "Design and Implementation of Cloud-Based Smart Parking Management System," *2021 6th Int. Conf. Conver. Technol. ICT 2021*, pp. 2021–2024, 2021.
- [4] M. Archana, S. S. Raju, D. Preethi, S. K. Mydhili, and U. Vinothkumar, "Smart Automated Parking System using IoT," *2nd Int. Conf. Sustain. Comput. Data Commun. Syst. ICSCDS 2023 - Proc.*, pp. 1580–1585, 2023.
- [5] U. Mittal, T. Shekher, K. Agarwal, S. K. Singh, and H. Chaudhary, "Real-Time Smart Parking System," *2021 IEEE 8th Uttar Pradesh Sect. Int. Conf. Electr. Electron. Comput. Eng. UPCON 2021*, pp. 1–5, 2021.
- [6] P. Vaibhav and P. Ganesan, "Parking Tracking System Using Raspberry Pi," *Proc. 5th Int. Conf. Electron. Commun. Aerosp. Technol. ICECA 2021*, no. Iceca, pp. 935–940, 2021.
- [7] Y. Agarwal, P. Ratnani, U. Shah, and P. Jain, "IoT based smart parking system," *Proc. - 5th Int. Conf. Intell. Comput. Control Syst. ICICCS 2021*, no. Iciccs, pp. 464–470, 2021.
- [8] M. Patil, V. Chakole, and K. Chetepawad, "IoT based economic smart vehicle parking system," *Proc. 3rd Int. Conf. Intell. Sustain. Syst. ICISS 2020*, pp. 1337–1340, 2020.
- [9] M. P. Thakre, P. S. Borse, N. P. Matala, and P. Sharma, "IOT Based Smart Vehicle Parking System Using RFID," *2021 Int. Conf. Comput. Commun. Informatics, ICCCI 2021*, pp. 3–7, 2021.
- [10] A. Z. M. T. Kabir, N. D. Nath, F. Hasan, R. A. Utshaw, and L. Saha, "Automated Parking System with Fee Management Using Arduino," *2019 10th Int. Conf. Comput. Commun. Netw. Technol. ICCCNT 2019*, pp. 1–6, 2019.
- [11] M. Chandana, M. C. Aniruddh, A. Fathima, G. Chandan, and H. A. Chaya Kumari, "A study on smart parking solutions using IoT," *Proc. Int. Conf. Intell. Sustain. Syst. ICISS 2019*, no. Iciss, pp. 542–548, 2019.
- [12] R. Djehaiche, S. Aidel, A. Sawalmeh, N. Saeed, and A. H. Alenezi, "Adaptive Control of IoT/M2M Devices in Smart Buildings Using Heterogeneous Wireless Networks," *IEEE Sens. J.*, vol. 23, no. 7, pp. 7836–7849, 2023.
- [13] M. M. Mardhalena and N. D. Nathasia, "Parking Sensor System Untuk Mendeteksi Jarak Aman Kendaraan Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno Atmega328," *JIP1 (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.)*, vol. 7, no. 4, pp. 1391–1400, 2022.
- [14] P. W. Santoso, I. N. Piarsa, and N. M. I. M. Mandenni, "Sistem Keamanan Helm Berbasis Internet of Things dengan Fitur Pelacakan Menggunakan Android," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol.*

- Informasi*), vol. 5, no. 5, pp. 967–976, 2021.
- [15] S. Ariyani, H. Setyawan, and D. A. Dimas, “Prototype Sistem Parkir Bergerak Berbasis IoT Menggunakan Rasperry Pi,” *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 2, no. 2, pp. 96–111, 2020.
- [16] F. Rahmad, S. Pradana, and A. H. Kurniawan, “Rancang Bangun Sistem Alat Praktikum Scr Di Laboratorium Elektronika Daya Dengan Pengendali Arduino,” *J. Tek. Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, vol. 6, no. 1, pp. 184–193, 2021.
- [17] A. F. S. Rahman, A. A. B, and A. E. Girsang, “Perancangan Alat Pembayaran Digital Berbasis E-Ktp Dan Rfid,” *J. Tek. Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, vol. 6, no. 1, pp. 161–168, 2021.
- [18] A. A. B, M. W. Kasrani, and A. A. Prayitno, “Perancangan Sistem Monitoring Jumlah Slot Kosong Pada Gedung Parkir 3 Lantai Berbasis Mikrokontroler,” *J. Tek. Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, vol. 5, no. 2, pp. 149–150, 2021.
- [19] S. Tanimun Hasan, M. Sultana Shompa, M. Abdur Rahman, M. Abu Rasel, M. Rahim Hossain Apu, and M. Arifur Rahman, “IoT Based Solar Power Monitoring & Data Logger System,” *Proc. 2022 IEEE Int. Women Eng. Conf. Electr. Comput. Eng. WIECON-ECE 2022*, vol. 9, no. 7, pp. 182–187, 2022.
- [20] P. Harahap, M. Adam, and A. Prabowo, “Analisa Penambahan Trafo Sisip Sisi Distribusi 20 Kv Mengurangi Beban Overload Dan Jutah Tegangan Pada Trafo B1 11 Rayon Tanah Jawa Dengan Simulasi Etap 12.6.0,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 62–69, 2019.
- [21] M. T. Tombeng *et al.*, “Penerapan Wireless Xbee Pada Sistem Autentikasi Kendaraan Sepeda Motor Implementation of Wireless Xbee Autentification System of Motorcycle,” *CogITo Smart J.*, vol. 5, no. 1, pp. 45–55, 2019.
- [22] S. Efan, “Sistem Monitoring Penempatan Lokasi Parkir Kendaraan Berbasis IoT,” *J. Syntax Admiration*, vol. 2, no. 5, pp. 930–950, 2021.
- [23] L. Lindawati, I. Salamah, A. Asriyadi, and M. Fadhli, “Sistem Persediaan Slot Parkir Dengan Pengaman Data Berbasis Arduino,” *J. Digit*, vol. 9, no. 2, p. 122, 2020.
- [24] N. K. S. Kirubakaran T, Sabarish K, Nishanth K S, “IoT based smart parking using fastag,” *Int. J. Sci. Res. Eng. Trends*, vol. 6, no. 2, pp. 1–6, 2020.
- [25] A. N. Wilson, A. Kumar, A. Jha, and L. R. Cenkeramaddi, “Embedded Sensors, Communication Technologies, Computing Platforms and Machine Learning for UAVs: A Review,” *IEEE Sens. J.*, vol. 22, no. 3, pp. 1807–1826, 2022.