Jurnal INTEK (Informatika dan Teknologi Informasi)
Volume 8 Nomor 1, Mei 2025
eISSN: 2620 – 4924, halaman 78 – 87

Prototipe Tempat Parkir Menggunakan ESP-32 Terintegrasi RFID dan Sensor Infrared Untuk Monitoring Slot Parkir

Dian Budi Santoso[1], Hamid Muhammad Jumasa[2], Ike Yunia Pasa[3]
[1,2,3] Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Purworejo, Purworejo, 54111, Indonesia
budidian17@gmail.com, hamidjumasa@umpwr.ac.id, ikeypasa@umpwr.ac.id

Artikel Info

Kata kunci:
RFID;
infrared FC-51;
aplikasi blynk;
tempat parkir;

ABSTRACT

Parking safety and efficiency are still problems in existing parking areas, especially in school environments. The main problems identified include lack of security guarantees, the same entry and exit routes, and the inability to know the availability of parking spaces in real time. This study aims to develop a prototype of a microcontroller-based parking system that can detect parking space availability and provide information directly to drivers. This system also uses RFID technology for user identification and parking portal settings. The method used involves the use of NodeMCU ESP32, FC-51 infrared sensors, and the Blynk application for real-time monitoring.
The test results show that the system can detect parking space availability well and transmit data effectively with an average response time of around 7 seconds. The use of infrared sensors has proven effective in detecting large objects, although the sensors cannot detect small objects such as stones. The integration of the Blynk application allows users to monitor parking status easily. It is hoped that this prototype can be applied to improve efficiency and convenience in parking management. Suggestions for further research include the addition of RFID at the exit for more accurate recording and improving the application with notification features for users.

Keamanan dan efisiensi parkir masih menjadi masalah di area parkir yang ada, terutama di lingkungan sekolah. Masalah utama yang diidentifikasi meliputi kurangnya jaminan keamanan, jalur masuk dan keluar yang sama, serta ketidakmampuan untuk mengetahui ketersediaan tempat parkir secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah *prototipe* sistem parkir berbasis *mikrokontroler* yang dapat mendeteksi ketersediaan tempat parkir dan memberikan informasi secara langsung kepada pengendara. Sistem ini juga menggunakan teknologi RFID untuk identifikasi pengguna dan pengaturan portal parkir. Metode yang digunakan melibatkan penggunaan NodeMCU ESP32, sensor infrared FC-51, dan aplikasi Blynk untuk monitoring *real-time*.
Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi ketersediaan tempat parkir dengan baik dan mengirimkan data

secara efektif dengan waktu respons rata-rata sekitar 7 detik. Penggunaan sensor infrared terbukti efektif dalam mendeteksi objek besar, meskipun sensor tidak dapat mendeteksi objek kecil seperti batu. Integrasi aplikasi Blynk memungkinkan pengguna untuk memantau status parkir dengan mudah. Diharapkan, *prototipe* ini dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan dalam pengelolaan parkir. Saran untuk penelitian selanjutnya termasuk penambahan RFID pada pintu keluar untuk pencatatan yang lebih akurat dan peningkatan aplikasi dengan fitur notifikasi untuk pengguna.

Corresponding Author:

Dian Budi Santoso, email: budidian17@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi adalah sesuatu yang tidak bisa kita hindari dalam kehidupan. Teknologi telah memengaruhi berbagai aspek kehidupan, termasuk ekonomi, politik, kebudayaan, seni, dan pendidikan [1]. Inovasi di bidang teknologi, khususnya teknologi informasi, bertujuan memberikan manfaat positif bagi kehidupan manusia. Salah satu contoh inovasi di bidang transportasi adalah sistem pelayanan parkir. Pengelolaan parkir yang baik harus memperhatikan keamanan dan kenyamanan penggunanya [2]. Masalah umum yang dihadapi masyarakat adalah kesulitan dalam menemukan ruang parkir yang tersedia pada suatu tempat dalah satunya adalah di lingkungan sekolah.

Solusi untuk masalah tersebut adalah dengan mengembangkan sistem parkir pintar yang dapat memberikan informasi terkait ketersediaan ruang parkir dan mengarahkan pengguna menuju tempat yang kosong. Sistem ini dapat diuji melalui simulasi menggunakan miniatur parkir yang diintegrasikan dengan *Internet of Things* (IoT). IoT beroperasi secara intelijen, dan bisa berkomunikasi dengan sosial, lingkungan, serta pada setiap penggunanya [3]. Alat utama dalam pengembangan aplikasi ini adalah Arduino yang merupakan papan minimum sistem *mikrokontroler* yang memiliki sifat *open source*. Selain itu arduino memiliki keistimewaan tersendiri dibanding dengan board mikrokontroler yang lain, Arduino telah menggunakan bahasa pemrograman yang dibuat menggunakan perangkat lunak [4].

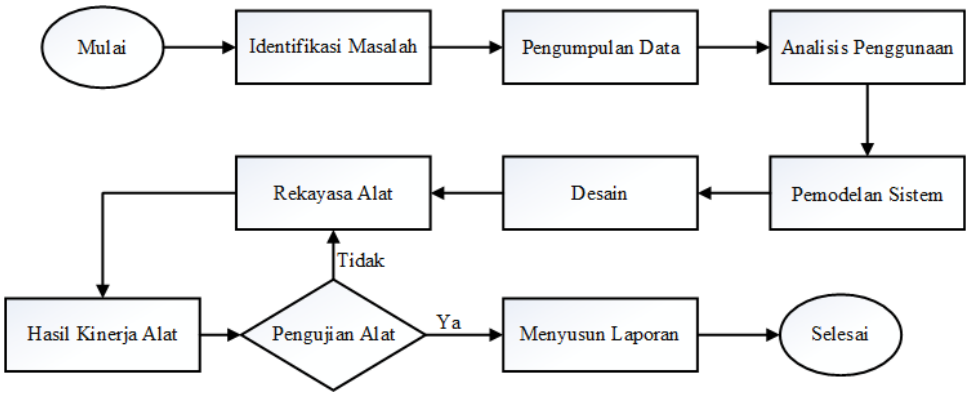
Penelitian ini dilakukan di lingkungan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Bhakti Putra Bangsa Purworejo, yang terletak di Boro Kulon, Kecamatan Banyu Urip, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. Menurut [5] SMK merupakan salah satu bentuk satuan pendidikan formal yang menyelenggarakan pendidikan kejuruan pada jenjang pendidikan menengah yang mempersiapkan peserta didik terutama untuk bekerja di bidang tertentu. Tentunya, kenyamanan peserta didik maupun pengajar harus diperhatikan. Sekolah ini mengalami peningkatan jumlah siswa, yang menyebabkan peningkatan jumlah kendaraan dan menambah masalah parkir. Keamanan parkir yang belum optimal, dengan satpam yang tidak selalu tersedia, serta ketidakteraturan dalam pengaturan parkir, mempersulit pengguna dalam mencari tempat parkir yang tersedia.

Berdasarkan masalah tersebut, dilakukan pengembangkan *prototipe* sistem parkir berbasis IoT yang dapat mempermudah pencarian tempat parkir yang kosong dan meningkatkan keamanan. Sistem ini menggunakan sensor RFID untuk identifikasi kendaraan dan membuka/menutup portal parkir. Penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh [6], menunjukkan bahwa sistem parkir RFID berbasis Arduino Uno R3 efektif dan efisien. Penelitian lain oleh [7] mengembangkan sistem keamanan parkir otomatis berbasis RFID untuk meningkatkan efisiensi tanpa memerlukan operator.

Penelitian ini membangun dari penelitian sebelumnya, namun berbeda dengan menambahkan sensor infrared untuk mendeteksi ruang parkir yang kosong serta penggunaan ESP32 untuk mempermudah interaksi dengan sistem melalui Wi-Fi dan Bluetooth. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran dalam pengembangan sistem parkir di SMK Bhakti Putra Bangsa, memudahkan siswa mencari tempat parkir kosong, dan mengetahui kapasitas lahan parkir.

2. METODE

Prosedur penelitian berguna dalam membantu penelitian agar dapat dikerjakan dengan baik, maka perlu adanya menentukan tahap atau prosedur penelitian.



Gambar 1. Prosedur penelitian

Gambar 1. Menjelaskan bahwa penelitian pertama yang dilakukan adalah identifikasi masalah, Pada tahap ini peneliti melakukan identifikasi masalah yang mendasari dalam pembuatan alat. Pembuatan alat bertujuan untuk memberikan kenyamanan dan keamanan yang efektif dan efisien karena masalah parkir kendaraan yang memiliki sistem parkir yang standar.

Tahap pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan sebuah data dengan cara dan metode yaitu studi pustaka, observasi, dan wawancara. Studi pustaka adalah teknik pengumpulan data dengan mengadakan studi terhadap buku, jurnal, literatur, catatan serta laporan yang berhubungan dengan masalah yang akan dipecahkan [8]. Dalam hal ini, peneliti mencari buku, jurnal, dan sumber wacana yang berkaitan dengan pembuatan program. Selanjutnya adalah observasi, menurut [9] observasi adalah suatu cara pengambilan data melalui pengamatan langsung terhadap situasi atau peristiwa yang ada dilapangan. Dalam observasi, peneliti melakukan pengamatan secara langsung ke SMK Bhakti Putra Bangsa Purworejo. Kemudian data yang

diperoleh berguna untuk melihat kondisi secara langsung akan kebutuhan alat tersebut. Kemudian wawancara, wawancara adalah salah satu metode pengumpulan data dengan cara komunikasi secara langsung dengan orang yang sedang diamati [10]. Peneliti melakukan wawancara dengan menanyakan tentang wawasan informasi yang berkaitan dengan kebutuhan alat, dan kebutuhan sistem.

Analisis penggunaan adalah sebuah proses mengetahui cara menggunakan sesuatu atau pemakaian [11]. Pada tahap ini, data yang sudah dikumpulkan akan dianalisa, dipelajari strukturnya, dan diteliti berdasarkan kebutuhan. Analisis penggunaan dalam penelitian ini adalah pemanfaatan media iot untuk memudahkan pengguna parkir untuk mengetahui akses informasi lokasi parkir yang kosong.

Pemodelan sistem merupakan salah satu mekanisme yang dapat dilakukan untuk menggambarkan sebuah sistem itu bekerja [12]. Pemodelan sistem sebagian besar merupakan kegiatan teknologi yang mencoba untuk menerjemahkan model aplikasi ke dalam bangunan sistem operasional. Desain adalah sebuah istilah yang diambil dari kata (*design*) yang berarti perencanaan [13]. Tahap ini, peneliti membuat desain sistem yang dapat membantu untuk perangkat keras (*Hardware*), sistem persyaratan dan juga membantu dalam mendefinisikan arsitektur sistem secara keseluruhan.

Tahap rekayasa alat yaitu membuat alat uji kinerja *prototipe* sistem parkir menggunakan modul ESP32. Pada tahap ini peneliti akan merancang *prototipe* dan mengevaluasi hasil dari rancangan yang dibuat. *Prototipe* akan di rancang dan dikembangkan hingga mendapat hasil yang diharapkan. Tahap hasil kinerja alat dilakukan dengan pengecekan pada sensor agar kinerja sensor dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Pada tahap ini dilakukan pengecekan kembali pada kabel, sambungan antar kabel, alat yang terpasang, masing-masing pin untuk memastikan antar komponen saling terhubung supaya rangkaian alat bisa digunakan.

Pengujian alat dilakukan menggunkan *prototipe* yang telah dibuat. Jika pengujian kinerja berhasil pada masing-masing sensor, maka hasilnya dicatat untuk dituliskan pada hasil laporan, apabila belum berhasil maka dilakukan pengujian alat sampai memperoleh hasil yang diharapkan. Menyusun laporan dari hasil pengujian *prototipe* sistem parkir yang telah dibuat. Setelah menulis laporan akhir peneliti juga akan menyusun artikel dan melakukan publikasi artikel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem parkir cerdas berbasis ESP-32 yang terintegrasi dengan sensor RFID dan infrared guna memonitor slot parkir secara real-time di lingkungan SMK Bhakti Putra Bangsa Purworejo. Pengujian dilakukan dalam rangka mengukur efektivitas alat dalam mendeteksi kendaraan, merekam data pengguna, serta memberikan informasi visual melalui aplikasi Blynk dan pencatatan otomatis di Google Sheets.

Hasil Pengujian Sistem

Sistem parkir yang dirancang terdiri atas tiga komponen utama, yaitu perangkat keras (ESP32, sensor RFID RC-522, sensor infrared FC-51, sensor ultrasonik HC-SR04, dan servo motor SG90), perangkat lunak (Arduino IDE, *Google Sheets*, dan *Blynk*),

serta perangkat pemroses data. Pengujian dilakukan secara bertahap mulai dari deteksi RFID, pengiriman data ke *cloud*, hingga penampilan status slot parkir pada aplikasi [14], [15].

Evaluasi Respons Pembacaan RFID dan Pengiriman Data

Pengujian awal difokuskan pada kemampuan sistem dalam membaca kartu RFID dan mengirimkan informasi identitas pengguna ke *Google Sheets*. Hasilnya menunjukkan bahwa seluruh tag ID yang diuji berhasil dikenali dan dikirimkan ke sistem pencatatan dengan kecepatan rata-rata pengiriman sebesar 6,95 detik [16], [17].

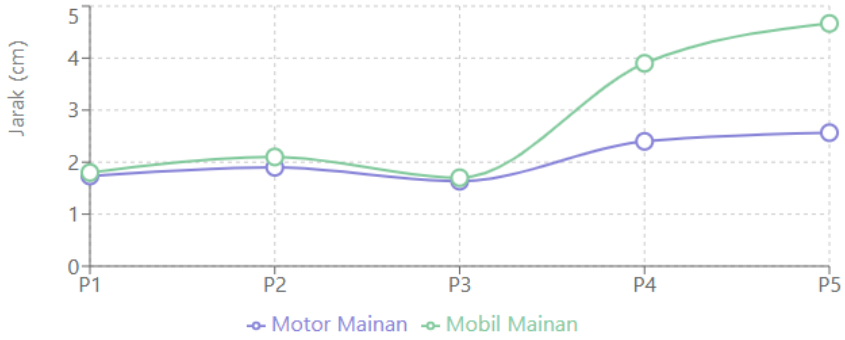
Tabel 1. Interval Kecepatan Pengiriman Data ke *Google Sheets*

Tag ID	Nama	Alamat	Respon Alat	Kecepatan Tranfer
8F8ECE1F	MR	Purworejo	Respon	7.64 Detik
6332AFAA	NA	Purworejo	Respon	7.39 Detik
79C2516	VCA	Wonosobo	Respon	7.75 Detik
8F6B711F	NAA	Kebumen	Respon	6.18 Detik
33858AE	MARH	Purworejo	Respon	7.40 Detik
7FC3741F	CVB	Kediri	Respon	5.90 Detik
8F8D91F	PH	Purworejo	Respon	6.67 Detik
8F227A1F	AA	Kulon Progo	Respon	7.64 Detik
8F3E231F	OPR	Semarang	Respon	6.63 Detik
8F8C451F	ZS	Purworejo	Respon	6.30 Detik
Rata – rata kecepatan interval				6.95 Detik

Hasil tersebut mengindikasikan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi tinggi dalam mendeteksi identitas dan menyinkronkan data ke *cloud*. Kecepatan respons yang tergolong cepat menegaskan keandalan ESP32 sebagai mikrokontroler yang mendukung komunikasi nirkabel melalui WiFi. Kecepatan ini juga dipengaruhi oleh stabilitas jaringan, sebagaimana disampaikan oleh [18], bahwa kualitas transmisi data dalam sistem IoT sangat dipengaruhi oleh infrastruktur jaringan nirkabel.

Efektivitas Sensor Infrared dalam Deteksi Slot Parkir

Sensor infrared FC-51 digunakan untuk mendeteksi keberadaan kendaraan pada masing-masing slot parkir. Pengujian dilakukan dengan menggunakan motor dan mobil mainan guna meniru skenario nyata. Hasil pengukuran jarak menunjukkan bahwa sensor infrared secara konsisten mampu mendeteksi objek dalam jarak 1,5 cm hingga 4,8 cm.

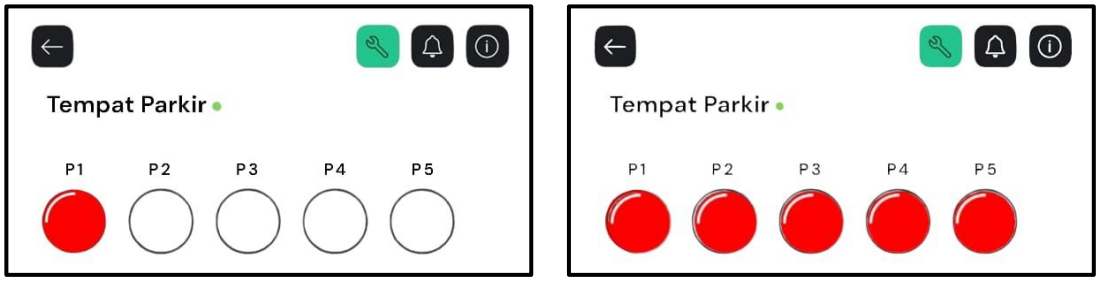


Gambar 2. Pengujian Modul Infrared FC-51

Hasil tersebut menunjukkan bahwa modul infrared memiliki kepekaan cukup untuk mendeteksi kendaraan, bahkan dengan dimensi yang lebih kecil. Rata-rata pengujian menunjukkan bahwa kendaraan dapat terdeteksi secara stabil dan data langsung terhubung ke aplikasi *Blynk* [19], [20]. Perbedaan hasil antara motor dan mobil mainan menegaskan bahwa luas permukaan objek memengaruhi reflektivitas sinyal inframerah, sebagaimana didukung oleh studi [21] tentang akurasi deteksi objek menggunakan sensor optik dalam sistem IoT berbasis mikrokontroler.

Sinkronisasi Data dan Tampilan Real-time pada Aplikasi Blynk

Aplikasi *Blynk* berfungsi sebagai antarmuka pengguna yang menampilkan status masing-masing slot parkir [22], [23]. Sistem merespons perubahan status slot dengan mengubah indikator warna pada aplikasi; warna hijau menandakan kosong, dan merah menandakan terisi. Tampilan ini secara *real-time* terhubung dengan sensor infrared, sehingga pengguna dapat langsung melihat kondisi lahan parkir sebelum memasuki area parkir [24], [25].



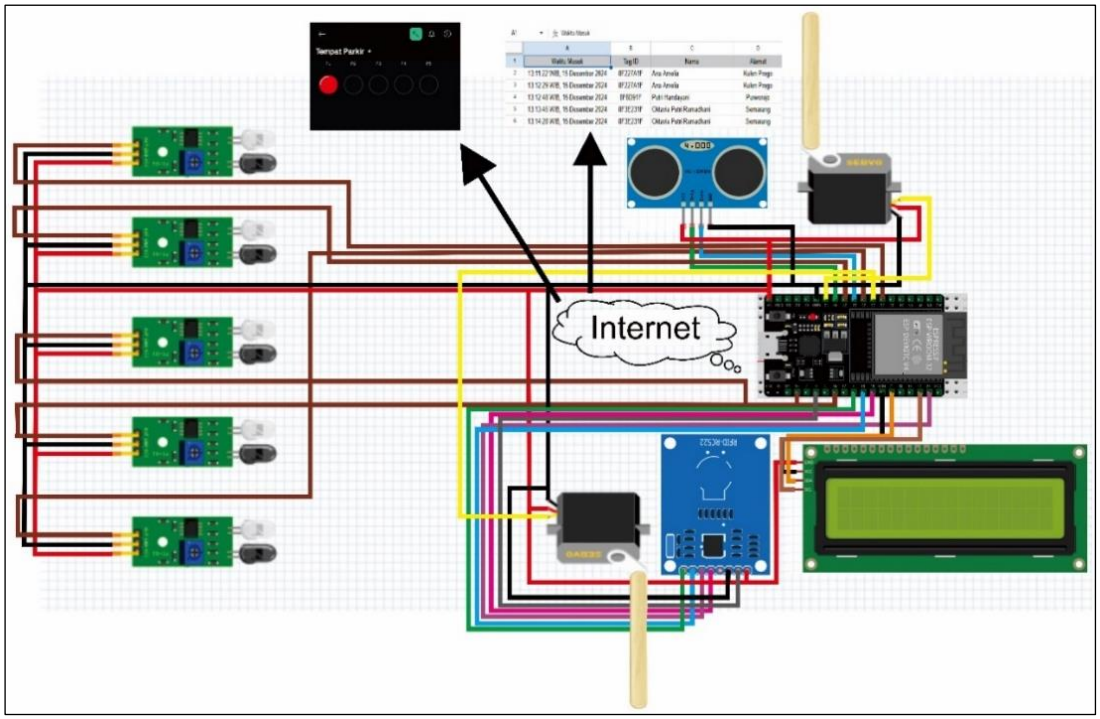
(a) Tampilan pad *Blynk* (b) Tempat Parkir Terisi

Gambar 3. Hasil Tampilan pada *Blynk*

Dari gambar 3, tampak bahwa aplikasi *Blynk* memberikan informasi yang tepat waktu dan akurat terkait kondisi lahan parkir. Integrasi ini memberikan kemudahan bagi siswa dalam mengambil keputusan, serta membantu petugas dalam mengatur lalu lintas kendaraan secara efisien [26], [27]. Hal ini sejalan dengan temuan [28] bahwa intervensi digital pada fasilitas publik dapat meningkatkan kepuasan pengguna dan efisiensi operasional.

Diagram Konektivitas Sistem dan Alur Pengguna

Prototipe ini dirancang untuk memungkinkan pengendalian otomatis dari pintu masuk dan keluar melalui sensor yang terhubung secara langsung dengan ESP32. Ketika pengguna mendekatkan kartu RFID, sistem akan memverifikasi identitas dan membuka portal jika kartu terdaftar. Begitu kendaraan diparkir, sensor infrared memperbarui status slot ke aplikasi *Blynk*. Ketika keluar, sensor ultrasonik mendeteksi kendaraan dan kembali memerintahkan servo motor untuk membuka portal.



Gambar 4. Diagram Konektivitas Sistem

Diagram konektivitas Gambar 4 memperlihatkan sistem kerja terpadu antara komponen elektronik dan software berbasis cloud. Mekanisme seperti ini mencerminkan struktur sistem berbasis cy*b*er-*physical system* (CPS), yang menurut [29], menjadi arsitektur utama dalam pengembangan smart environment, termasuk parkir pintar di institusi pendidikan dan publik.

Pengujian Performa Sistem dan Validitas Data

Setelah seluruh komponen diuji secara individual, sistem diuji secara keseluruhan untuk melihat konsistensi performa. Berdasarkan data yang ditampilkan di *Google Sheets* dan aplikasi *Blynk*, sistem menunjukkan sinkronisasi data yang baik. Tidak terdapat delay signifikan antara waktu deteksi RFID dan tampilnya data pada aplikasi. Penggunaan *Google Apps Script* sebagai *middleware* terbukti efisien untuk merekam data secara otomatis dan mengurangi intervensi manual. Keandalan sistem ini juga ditopang oleh kemampuan ESP32 dalam memproses permintaan HTTP serta memanfaatkan REST API dari *Google Apps Script* [30].

4. KESIMPULAN

Prototipe yang dikembangkan berfungsi dengan baik dalam mendeteksi dan mengelola ketersediaan tempat parkir. Pengujian RFID menunjukkan bahwa alat dapat merespons semua kartu dengan baik, Data dari sensor dapat tersimpan ke dalam Google Sheet sesuai dengan ID dan informasi pengguna yang sudah ada di dalam database sebelumnya.

Sistem ini dikatakan efektif karena semua kartu yang ditempelkan berhasil merespons dengan baik, dengan rata-rata kecepatan pengiriman data ke Google Sheets sekitar 6,95 detik, kecocokan ID pengguna telah sesuai dengan 10 ID Pengguna yang ditambahkan. Selain itu, pengujian Modul Infrared FC-51 menunjukkan kesesuaian jarak deteksi yang baik, dengan rata-rata jarak deteksi untuk motor mainan sebesar 2,05 cm dan untuk mobil mainan mencapai 2,83 cm. Dengan demikian, *prototipe* ini efektif digunakan dalam mengidentifikasi pengguna dan memantau ketersediaan jumlah tempat parkir secara *real-time*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. Marryono Jamun, "Dampak Teknologi Terhadap Pendidikan," *J. Pendidik. dan Kebud. Missio*, vol. 10, no. 1, pp. 1–136, 2020.

[2] A. Wihandanto, A. J. Taufiq, and W. Dwiono, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Smart Parking Berbasis Iot Menggunakan Node Mcu Esp8266," *J. Tek. Elektro dan Komput. TRIAC*, vol. 8, no. 1, pp. 18–22, 2021, doi: 10.21107/triac.v8i1.10413.

[3] F. S. P. S. M. N. R. S. Permana, "Pemanfaatan Teknologi Cloud Blynk Dalam Sistem Kontrolling Stop Kontak Lampu Rumah Berbasis Aplikasi Android," *J. Tek. Inform. Atmaluhur*, vol. 6, no. 1, p. 40, 2021.

[4] F. Puspasari, T. P. Satya, U. Y. Oktiawati, I. Fahrurrozi, and H. Prisyanti, "Analisis Akurasi Sistem sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohygrometer Standar," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 16, no. 1, p. 40, 2020, doi: 10.12962/j24604682.v16i1.5776.

[5] H. Sulistiani, F. Hamidy, S. Suaidah, R. Mersita, Y. Yunita, and Y. Ismi HS, "Pelatihan Penerapan Accurate Accounting Software Bagi Siswa Jurusan Akuntansi Di Smk N 1 Padang Cermin," *J. Soc. Sci. Technol. Community Serv.*, vol. 3, no. 2, p. 192, 2022, doi: 10.33365/jsstcs.v3i2.2038.

[6] E. Wijaya and B. K. Yakti, "Prototipe Sistem Parkir Kendaraan Dengan Rfid Berbasis Arduino Uno R3," *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 23, no. 1, pp. 26–37, 2020, doi: 10.35760/tr.2018.v23i1.2448.

[7] Rosmiati, H. Pratama, and N. Arif, "Perancangan Prototype Sistem Keamanan Parkir Otomatis Berbasis Radio Frequency Identification (RFID)," *Inf. (Jurnal Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 13, no. 2, pp. 146–153, 2021, doi: 10.37424/informasi.v13i2.126.

[8] R. Ardimas, W. Raharjo, M. E. Destyana, P. P. Palembang, and K.

Palembang, "KAJIAN PENERAPAN AUTOMATIC GATE BOARDING PASS SCANNER GUNA MENINGKATKAN LEVEL OF SERVICE," pp. 1–8, 2023.

[9] M. P. Hasibuan, R. Azmi, D. B. Arjuna, and S. U. Rahayu, "Analisis Pengukuran Temperatur Udara Dengan Metode Observasi," *GABDIMAS J. Garuda Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–15, 2023.

[10] J. Radianza and I. Mashabai, "Analisa Pengendalian Kualitas Produksi Dengan Menggunakan Metode Seven Tools Quality Di PT. Borsya Cipta Communica," *JITSA J. Ind. Teknol. Samawa*, vol. 1, no. 1, pp. 17–21, 2020.

[11] S. Haryanti, "Penggunaan Media Buku Cerita Bergambar Dalam Mengembangkan Kemampuan Membaca Permulaan Anak," *Angew. Chemie Int. Ed. 6(11), 951–952.*, pp. 2013–2015, 2021.

[12] S. D. Purnamasari and F. Panjaitan, "Pemodelan Sistem Informasi Sebaran Pasar Menggunakan Unified Modeling Language," *JIPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.*, vol. 4, no. 2, p. 103, 2020, doi: 10.29100/jipi.v4i2.1402.

[13] S. Andayani, "Jurnal An-Nur: Kajian Pendidikan dan Ilmu Keislaman Vol. 7, No. 1 Januari-Juni 2021," *Bermain Sebagai Sarana Pengemb. Kreat. Anak Usia Dini*, vol. 7, no. 1, pp. 1–10, 2021.

[14] A. O. Elfaki, W. Messoudi, A. Bushnag, S. Abuzneid, and T. Alhmiedat, "A smart real-time parking control and monitoring system," *Sensors*, vol. 23, no. 24, p. 9741, 2023.

[15] R. Paul and J. Bin Nazir, *IoT-Based Smart Office and Parking System with the Implementation of LoRa*, no. January. Springer Nature Singapore, 2023. doi: 10.1007/978-981-19-7528-8_25.

[16] A. Madhavi, D. Uniyal, A. Jula, T. S. S. Vadlapatla, and J. N. Bonam, "Smart Parking Assistant: Integrating Ultrasonic Sensors and IoT for Enhanced Driver Experience," *E3S Web Conf.*, vol. 391, pp. 1–8, 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202339101143.

[17] I. F. Ashari, "Parking System Optimization Based on IoT using Face and Vehicle Plat Recognition via Amazon Web Service and ESP-32 CAM," *Comput. Eng. Appl. J.*, vol. 11, no. 2, pp. 137–153, 2022, doi: 10.18495/comengapp.v11i2.409.

[18] I. Red, "Arus Jurnal Sains dan Teknologi (AJST) Rancang Bangun Portal dan Sistem Penerangan Area Parkir Otomatis," 2024.

[19] A. R. Ulfia, M. Junus, A. Muzakhim Imammuddin, P. Studi Jaringan Telekomunikasi Digital, J. Teknik Elektro, and P. Negeri Malang, "Sistem Kendali dan Monitoring Garasi Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berdasarkan Jarak dan Kecepatan User," *J. Jar. Telekomun.*, vol. 11, no. 4, pp. 208–213, 2021.

[20] M. Yadav and M. Breja, *Proceedings of International Conference on Machine Intelligence and Data Science Applications*. 2021. [Online]. Available:

https://link.springer.com/10.1007/978-981-33-4087-9

[21] T. A. D. Marwan, T. Berliana, and ..., "Rancang Bangun Sistem Smart Parking Berbasis Internet Of Things (IoT)," *... Konf. Nas. Soc. ...*, no. 2016, pp. 104–112, 2021, [Online]. Available: http://ojs.polmed.ac.id/index.php/KONSEP2021/article/download/591/202

[22] J. A. Adeyiga, K. A. Sotonwa, and M. T. Adenibuyan, "Comparison of Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization Techniques in Intelligent Parking System," *J. Adv. Mater. Sci. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2022, doi: 10.33425/2771-666x.1011.

[23] K. V. V. Reddy, B. Shashikanth, G. Harshini, D. Zaki, and B. Tharun, "A Novel IoT Based Smart Parking Solution," in *2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, IEEE, 2023, pp. 1–5.

[24] H. T. Yeh, B. C. Chen, and B. X. Wang, "A city parking integration system combined with cloud computing technologies and smart mobile devices," *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.*, vol. 12, no. 5, pp. 1231–1242, 2016, doi: 10.12973/eurasia.2016.1509a.

[25] T. A. Dheeven, P. M. Kumar, V. Venkatesh, and K. A. I. Sailaja, "IoT based sensor enabled vehicle parking system," *Meas. Sensors*, vol. 31, no. February 2023, p. 100953, 2024, doi: 10.1016/j.measen.2023.100953.

[26] I. G. Ngurah and A. Pawana, "Smart Parking Monitoring System Based on The Internet of Things Using Arduino and NodeMCU," vol. 4, no. 3, pp. 129–135, 2023.

[27] H. Purwanto and B. Prasetio, "Microcontroller Based Parking Lot Monitoring System Prototype," *Int. J. Res. Appl. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 132–141, 2022, doi: 10.34010/injuratech.v2i1.6742.

[28] D. Kurnia Setiawan, W. Widjonarko, and A. Firdaus, "Sistem Monitoring Panel Surya Berbasis Android Secara Real-Time," *J. FORTECH*, vol. 3, no. 1, pp. 7–16, 2022, doi: 10.56795/fortech.v3i1.102.

[29] S. Alviana and B. Kurniawan, "Pengembangan Cyber Physical System Untuk Presensi Dengan Deteksi Multi Wajah," *J. Comput. Electron. Telecommun.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–7, 2023, doi: 10.52435/complete.v4i2.395.

[30] A. A. Amusan, G. A. Ogunleye, and A. E. Ibhaze, "A Digital Twin-Enabled Smart Car Park Management System: Architecture and Impact on Emission Reduction," vol. 9, no. 4, pp. 629–635, 2024.

BIOGRAFI PARA AUTHOR

Dian Budi Santoso, budidian17@gmail.com

Hamid Muhammad Jumasa, hamidjumasa@umpwr.ac.id
SINTA ID : 6667931

Ike Yunia Pasa, ikeypasa@gmail.com
SINTA ID : 6670216