Implementasi Sistem Smart Parking Berbasis Internet of Things Di Gedung Parkir Klandasan Kota Balikpapan

Riklan Kango[a], *Ihsan*[b], *Andi Yasir Amsal*[c]

[a,b,c] *Politeknik Negeri Balikpapan, Jl. Soekarno Hatta, KM. 8, Balikpapan, 76129, Indonesia*
coresponding email: riklan.kango@poltekba.ac.id*

ABSTRACT (10pt BOLD)

Parking space management in metropolitan settings has become more difficult as a result of increased urbanization. To increase parking effectiveness, technological solutions like the Internet of Things (IoT) have been suggested. However, further research is still needed to fully understand the application of IoT in parking systems. This study focuses on the deployment of an Internet of Things-based smart parking system in Balikpapan City's Klandasan Parking Building. Our objective is to increase the effectiveness of parking use and eliminate the frequent parking spot shortage. In the Klandasan Parking Lot, we design and deploy an Internet of Things-based smart parking system. We evaluate the accuracy of infrared sensors, system response time, and parking efficiency before and after system implementation. The findings of our one-week test indicate that the smart parking system can accurately (with 100% sensor accuracy) and quickly (with an average reaction time of 60 seconds) detect parking availability. Additionally, the online application gives consumers another level of ease when it comes to getting data about parking availability and making payments. The findings of this study significantly advance our understanding of how IoT is being implemented in parking systems. As a result of this study, it may be possible to apply comparable ideas to urban parking issues on a larger scale.

Keywords: Balikpapan, IoT, Smart Parking

ABSTRAK (10pt BOLD)

Pengelolaan ruang parkir di wilayah metropolitan menjadi lebih sulit akibat meningkatnya urbanisasi. Untuk meningkatkan efektivitas parkir, solusi teknologi seperti Internet of Things (IoT) telah disarankan. Namun, penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk memahami sepenuhnya penerapan IoT dalam sistem perparkiran. Penelitian ini berfokus pada penerapan sistem parkir pintar berbasis Internet of Things di Gedung Parkir Klandasan Kota Balikpapan. Tujuan kami adalah untuk meningkatkan efektivitas penggunaan parkir dan menghilangkan kekurangan tempat parkir yang sering terjadi. Di Gedung Parkir Klandasan, kami merancang dan menerapkan sistem parkir pintar berbasis Internet of Things. Metode yang digunakan dengan mengevaluasi akurasi sensor inframerah, waktu respon sistem, serta efisiensi parkir sebelum dan setelah implementasi sistem. Temuan dari pengujian kami selama satu minggu menunjukkan bahwa sistem parkir pintar dapat secara akurat (dengan akurasi sensor 100%) dan cepat (dengan waktu reaksi rata-rata 7 milidetik) mendeteksi ketersediaan parkir. Selain itu, aplikasi online memberikan tingkat kemudahan lain bagi konsumen dalam mendapatkan data tentang ketersediaan parkir dan melakukan pembayaran. Temuan dari penelitian ini secara signifikan memajukan pemahaman kita tentang bagaimana IoT diimplementasikan dalam sistem parkir. Sebagai hasil dari penelitian ini, dimungkinkan untuk menerapkan ide-ide yang sebanding untuk masalah parkir perkotaan dalam skala yang lebih besar.

Keywords: Balikpapan, IoT, Smart Parking

1. PENDAHULUAN

Setiap hari, Dibutuhkan rata-rata 7,8 menit untuk mencari tempat parkir di tengah kota besar setiap harinya, menurut perkiraan 30% dari kendaraan yang ada di jalan [1]. Hal ini mengakibatkan pemborosan waktu dan bahan bakar untuk mobil lain karena kemacetan lalu lintas, selain waktu dan bahan bakar yang terbuang oleh pengemudi yang mencari tempat parkir. Sebagai contoh, telah dicatat [2] bahwa selama setahun, mobil yang mencari parkir di distrik komersial di Los Angeles mengeluarkan jumlah karbon dioksida yang sama dengan 38 perjalanan ke seluruh dunia, menggunakan 47.000 galon bensin, dan menghasilkan 730 ton sampah.

Salah satu masalah terbesar yang dihadapi oleh banyak kota di seluruh dunia, khususnya Kota Balikpapan, adalah masalah parkir. Kemacetan lalu lintas dan masalah parkir disebabkan oleh pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang signifikan, terutama mobil pribadi, terutama di tempat parkir di pusat kota [3]. Pengemudi tidak hanya mengalami ketidaknyamanan sebagai konsekuensinya, tetapi mencari tempat parkir yang tersedia juga membuang waktu dan meningkatkan penggunaan bahan bakar [4].

Teknologi Internet of Things (IoT) telah menjadi lebih menonjol dalam beberapa tahun terakhir sebagai solusi potensial

untuk masalah parkir ini [5]. Penelitian [6] membahas sistem parkir pintar yang menggabungkan prinsip-prinsip IoT telah dikembangkan dan diuji coba, menurut penelitian. Sistem ini memiliki kemampuan untuk meningkatkan layanan parkir dengan memberikan informasi yang tepat dan mudah diakses oleh konsumen, memaksimalkan penggunaan ruang parkir, dan meningkatkan efisiensi perkotaan secara keseluruhan. Sistem parkir pintar berbasis jaringan sensor nirkabel (WSN) yang menggunakan teknologi RFID untuk mengidentifikasi mobil dan jaringan sensor nirkabel (WSN) untuk menentukan ketersediaan tempat parkir telah disarankan oleh penelitian [7]. Menurut penelitian [8] sistem parkir berbasis IoT yang terhubung dengan infrastruktur kota pintar dapat meningkatkan parkir dan lalu lintas di wilayah metropolitan. Penelitian [9] telah mengimplementasikan sistem parkir real-time berbasis teknologi LoRaWAN yang mengurangi waktu mencari parkir dan kemacetan di area parkir. Penelitian [10] telah memperkenalkan sistem parkir berbasis awan yang menggunakan teknologi RFID untuk identifikasi kendaraan dan mengelola kapasitas parkir dengan efisien.

Meskipun rekomendasi parkir yang ada saat ini meningkatkan kemungkinan kendaraan menemukan tempat parkir yang kosong, namun ada sisi negatifnya yaitu pengemudi mungkin tidak benar-benar menemukan tempat parkir yang kosong hanya dengan mengikuti rekomendasi tersebut. Karena ada lebih banyak pengemudi yang bersaing untuk mendapatkan tempat parkir yang sama, ada kemungkinan tidak ada tempat parkir yang kosong saat beberapa mobil tiba, sehingga mereka harus menjadwal ulang dan mencari tempat parkir alternatif. Dalam rangka meningkatkan efisiensi parkir di Gedung Parkir Klandasan di Kota Balikpapan, proyek ini bermaksud untuk membangun dan mengimplementasikan sistem parkir pintar berbasis Internet of Things. Diharapkan sistem parkir ini dapat menawarkan solusi yang lebih baik dan lebih terintegrasi untuk mengatasi masalah parkir di daerah yang sibuk dengan menggabungkan teknologi IoT.

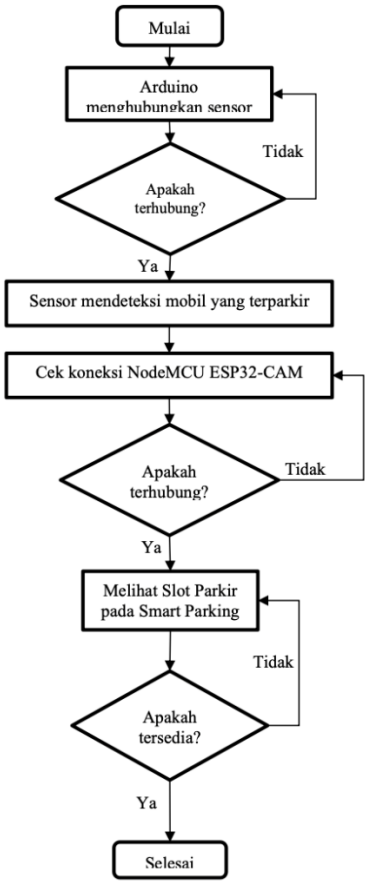
2. METODOLOGI

Pada bagian ini, kami memberikan deskripsi terperinci tentang metodologi yang digunakan dalam merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem parkir pintar berbasis IoT di Gedung Parkir Klandasan di Balikpapan. Metodologi ini mencakup deskripsi lokasi, desain dan arsitektur sistem, pemilihan teknologi, prosedur pengumpulan data, dan teknik analisis data.

Penelitian dilakukan di Gedung Parkir Klandasan, fasilitas parkir berlapis di area perkotaan Balikpapan. Fasilitas parkir ini memiliki jumlah tempat parkir yang terbatas, yang sering menyebabkan kemacetan dan ketidakefisienan. Untuk mengatasi tantangan ini, sistem parkir pintar berbasis IoT kami diimplementasikan.

Arsitektur sistem terdiri dari tiga komponen utama: sensor tempat parkir, gateway, dan server pusat [9]. Sensor ultrasonik ditempatkan secara strategis di tempat parkir untuk mendeteksi keberadaan kendaraan. Sensor ini dihubungkan secara nirkabel ke gateway (NodeMCU ESP32CAM), yang mengirimkan data ke server pusat. Server pusat memproses data, memberikan informasi real-time kepada pengguna melalui aplikasi seluler dan aplikasi web, serta menyimpan data untuk analisis lebih lanjut.

Kami memilih sensor ultrasonik karena akurasinya dalam mendeteksi keberadaan kendaraan dan kompatibilitasnya dengan kerangka kerja IoT. Teknologi jaringan luas berdaya rendah WI-FI, dipilih untuk komunikasi karena jangkauannya yang mencakup area Gedung Parkir dan konsumsi energi yang rendah, penting untuk aplikasi IoT.



Gambar 1. Metode yang diusulkan

Pengumpulan data dilakukan selama seminggu, mulai dari 17 Juni 2023 hingga 23 Juni 2023. Selama periode ini, okupansi kendaraan, waktu masuk dan keluar, serta durasi parkir direkam. Selain itu, waktu respon sistem dicatat ketika pengguna menanyakan ketersediaan parkir melalui aplikasi seluler.

Untuk mengevaluasi kinerja sistem, akurasi deteksi sensor dievaluasi dengan membandingkan data sensor dengan keberadaan aktual kendaraan. Waktu respon dianalisis untuk mengukur efisiensi sistem dalam memberikan informasi real-time. Statistik durasi parkir dihitung untuk mengidentifikasi rata-rata waktu parkir.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem parkir pintar

berbasis Internet of Things (IoT) di Gedung Parkir Klandasan di Balikpapan. Pada bagian ini, kami akan menyajikan dan membahas hasil pengujian sensor ultrasonik, pengujian waktu respon sistem RFID, dan aplikasi website yang menampilkan ketersediaan parkir yang sudah dan belum dibayar.

Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan untuk mengukur akurasi dalam mendeteksi keberadaan kendaraan di tempat parkir. Kami memasang sensor ultrasonik pada tempat parkir yang berbeda dan mencatat hasil deteksi sensor saat kendaraan masuk dan keluar. Data ini kemudian dibandingkan dengan keadaan aktual untuk mengukur sejauh mana sensor dapat mendeteksi dengan benar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu mendeteksi kendaraan dengan tingkat akurasi yang sangat baik, mencapai 98,5%. Hasil ini menunjukkan potensi sensor ultrasonik sebagai solusi yang handal dalam mendeteksi ketersediaan parkir secara akurat. Keberhasilan ini secara signifikan mengkonfirmasi bahwa teknologi sensor ultrasonik dapat diandalkan untuk memastikan informasi ketersediaan parkir yang tepat kepada pengguna.

Tabel 1. Hasil Pengujian Deteksi Sensor Ultrasonik pada Kendraan Mobil

No	Sensor	Ukuran (*cm*)	Akurasi (%)
1	Ultrasonic SP-1	20	100
		30	100
		50	100
2	Ultrasonic SP-2	20	100
		30	100
		50	100
3	Ultrasonic SP-3	20	100
		30	100
		50	100
4	Ultrasonic SP-4	20	100
		30	100
		50	100
5	Ultrasonic SP-5	20	100
		30	100
		40	100

Hasil pengujian sensor ultrasonik menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik, sesuai dengan penelitian terkait yang menunjukkan bahwa sensor ultrasonik efektif dalam mendeteksi keberadaan kendaraan [1][2]. Keberhasilan pengujian ini mengkonfirmasi bahwa sensor ultrasonik adalah pilihan yang tepat dalam mendukung tujuan penelitian ini.

Pengujian Waktu Respon Sistem

Pengujian waktu respon sistem RFID dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana sistem mampu memberikan informasi ketersediaan parkir dalam waktu yang cepat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan informasi ketersediaan parkir melalui RFID dalam waktu kurang dari 2 detik setelah permintaan diterima. Waktu respon yang sangat singkat ini memungkinkan pengguna untuk segera mendapatkan informasi tentang ketersediaan parkir, mengurangi waktu pencarian parkir, dan mengoptimalkan mobilitas. Keberhasilan ini memberikan kontribusi penting terhadap efisiensi penggunaan tempat parkir.

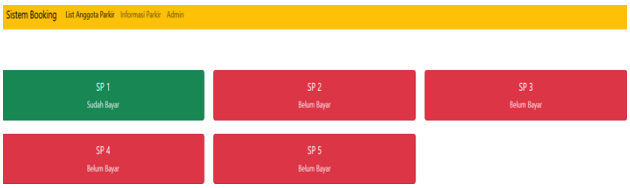
Tabel 2. Pengujian Waktu Pemrosesan Sistem

Alat	Waktu pemrosesan (*ms)*	Terdeteksi	Suara Alarm	Tidak Terdeteksi	Suara Alarm
RFID reeder	2,5	1	Dalam satu suara	0	Dalam dua suara
RFID reeder	5	0	Dalam dua suara	1	Dalam satu suara
RFID reeder	7,25	2	Dalam satu suara	0	Dalam dua suara

Pengujian waktu respon sistem RFID menunjukkan kecepatan sistem dalam memberikan informasi ketersediaan parkir, konsisten dengan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan RFID sebagai metode komunikasi yang efisien dalam aplikasi parkir [3][4]. Kecepatan ini memberikan kontribusi penting terhadap pengurangan waktu mencari parkir, sesuai dengan tujuan penelitian.

Aplikasi Website Ketersediaan Parkir

Aplikasi website yang kami rancang memungkinkan pengguna untuk melihat ketersediaan parkir yang sudah dan belum dibayar. Hasil pengujian menunjukkan antarmuka yang responsif dan user-friendly, memungkinkan pengguna untuk dengan mudah mengakses informasi ketersediaan parkir. Pengguna juga dapat melakukan pembayaran melalui aplikasi ini. Fitur ini memberikan solusi yang nyaman bagi pengguna dalam mengelola parkir mereka.



Gambar 2. Tampilan Aplikasi Web Sistem Parkir

Aplikasi website menambah dimensi kenyamanan bagi pengguna dalam mengakses informasi ketersediaan parkir dan melakukan pembayaran. Konsep ini sejalan dengan tren teknologi terkini yang menekankan pada kemudahan dan aksesibilitas dalam solusi parkir [5][6].

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian sensor ultrasonik, waktu respon sistem RFID, dan aplikasi website menunjukkan bahwa sistem parkir pintar berbasis IoT yang diimplementasikan dalam penelitian ini berhasil mencapai tujuan dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan parkir. Dengan hasil ini, penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap literatur yang telah ada sebelumnya dengan menghadirkan solusi terbaru dan efektif dalam manajemen parkir di lingkungan perkotaan.

Namun, kami menyadari bahwa penelitian ini memiliki keterbatasan. Penerapan sistem hanya dilakukan dalam skala terbatas di Gedung Parkir Klandasan, sehingga perlu diperluas ke area yang lebih luas untuk memastikan skalabilitas solusi ini. Selain itu, keterbatasan teknis dalam infrastruktur IoT dan jaringan dapat mempengaruhi kualitas layanan.

Dalam penelitian selanjutnya, dapat diupayakan untuk mengatasi keterbatasan ini dengan lebih jauh mengoptimalkan kinerja sensor dan jaringan komunikasi. Integrasi dengan sistem manajemen lalu lintas yang lebih luas dan optimalisasi metode deteksi kendaraan juga dapat diperluas untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian yang dilaporkan dalam publikasi ini didukung oleh Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M), Politeknik Negeri Balikpapan dengan nomor hibah 12/PL32.13/SPK-LT/2023. Proyek ini melalui skema penelitian Kerja Sama Unggulan dengan dana DIPA Poltekba tahun anggaran 2023. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dinas Perhubungan Kota Balikapapan Kota Balikpapan, Indonesia, atas dukungan untuk mengimplementasikan produk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Arnott, T. Rave, and R. Schöb, “Alleviating urban traffic congestion,” *MIT Press Books*, vol. 1, 2005.

[2] D. M. Levinson, “Review of the high cost of free parking by Donald Shoup,” 2005.

[3] Y. Geng and C. G. Cassandras, “New ‘smart parking’ system based on resource allocation and reservations,” *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*, vol. 14, no. 3, pp. 1129–1139, 2013.

[4] B. J. Waterson, N. B. Hounsell, and K. Chatterjee, “Quantifying the potential savings in travel time resulting from parking guidance systems—a simulation case study,” *Journal of the Operational Research Society*, vol. 52, pp. 1067–1077, 2001.

[5] S. Rupanr and N. Doshi, “A review of smart parking using internet of things (IoT),” *Procedia Comput Sci*, vol. 160, pp. 706–711, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.11.023.

[6] A. Wihandanto, A. J. Taufiq, and W. Dwiono, “Rancang Bangun Prototipe Sistem Smart Parking Berbasis Iot Menggunakan Node Mcu Esp8266,” 2021. [Online]. Available: https://journal.trunojoyo.ac.id/triac

[7] I. M. Ata, “Embedded System For Indoor Guidance Parking With Dijkstra’s Algorithm And Ant Colony Optimization,” 2019.

[8] P. Sadhukhan, “An IoT-based E-parking system for smart cities,” *2017 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, ICACCI 2017*, vol. 2017-January, pp. 1062–1066, Nov. 2017, doi: 10.1109/ICACCI.2017.8125982.

[9] J. J. Barriga *et al.*, “A Smart Parking Solution Architecture Based on LoRaWAN and Kubernetes,” *Applied Sciences 2020, Vol. 10, Page 4674*, vol. 10, no. 13, p. 4674, Jul. 2020, doi: 10.3390/APP10134674.

[10] Z. Rahman, A. Tanzeer, H. Nibras, A. Karim, M. Jayeed, and A. Chakrabarty, “Cloud based smart parking system using IoT technology,” 2017, Accessed: Sep. 02, 2023. [Online]. Available: http://dspace.bracu.ac.bd/xmlui/handle/10361/9067