

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT KONTROL JUMLAH KENDARAAN DI LINGKUNGAN KAMPUS TELKOM UNIVERSITY

1st Muhammad Wildan Wirayudha
D3 Teknologi Telekomunikasi
Telkom University
Bandung, Indonesia

wirayudha@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Aris Hartaman, S.T., M.T.
D3 Teknologi Telekomunikasi
Telkom University
Bandung, Indonesia

arishartaman@staff.telkomuniversity.ac.id

3rd Dr. Sugondo Hadiyoso, S.T., M.T.
D3 Teknologi Telekomunikasi
Telkom University
Bandung, Indonesia

sugondo@staff.telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pertumbuhan jumlah kendaraan yang terus meningkat menimbulkan berbagai permasalahan dalam pengelolaan lahan parkir, khususnya di lingkungan kampus yang memiliki keterbatasan ruang. Kondisi kelebihan kapasitas parkir dapat menyebabkan kemacetan internal, meningkatnya waktu tunggu, serta menurunnya efisiensi mobilitas di dalam kawasan kampus. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol penghitungan jumlah kendaraan sebagai solusi dalam memantau ketersediaan lahan parkir di lingkungan Kampus Telkom University. Metode penelitian yang digunakan meliputi perancangan sistem, pengujian perangkat secara berkala, serta observasi langsung di lapangan untuk mengevaluasi kinerja sistem. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor dan mikrokontroler untuk mendeteksi kendaraan masuk dan keluar secara real-time. Data hasil penghitungan ditampilkan melalui dashboard berbasis web sebagai antarmuka visualisasi informasi parkir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan informasi ketersediaan lahan parkir secara akurat dan dapat diimplementasikan dengan biaya relatif ekonomis. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi pendukung dalam pengelolaan parkir kampus serta berkontribusi pada pengembangan Intelligent Transportation Systems, khususnya dalam manajemen parkir yang efisien dan berkelanjutan.

Kata kunci— *Pengelolaan Lahan Parkir, ITS, Overcapacity, Sensor, Real-time.*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telah mendorong adaptasi ide dan gagasan baru untuk memecahkan permasalahan sehari-hari, salah satunya dalam manajemen transportasi. Saat ini, peningkatan jumlah kendaraan yang tidak sebanding dengan ketersediaan lahan sering menyebabkan masalah parkir yang tidak terkoordinasi [1]. Kondisi *overcapacity* kendaraan di ruang parkir ini kerap menimbulkan kemacetan, ketidaknyamanan pengguna, serta menurunkan efisiensi manajemen parkir secara keseluruhan [2]. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem pengelolaan yang mampu membatasi jumlah kendaraan masuk untuk menyeimbangkan kapasitas lahan secara efektif. Sistem yang ideal memerlukan kemampuan pemantauan otomatis yang akurat dan *real-time*, serta dapat memberikan data visual mengenai ketersediaan lahan parkir kepada pengguna [3].

Penerapan sistem pengelolaan parkir otomatis ini sejalan dengan konsep *Smart Campus* yang menekankan pada aspek efisiensi, kenyamanan, dan keberlanjutan [4]. Selain memberikan solusi praktis bagi petugas keamanan

dalam mengontrol kendaraan, penelitian ini juga mengisi kesenjangan penerapan teknologi parkir di lingkungan pendidikan yang masih jarang dibandingkan dengan fasilitas umum, guna mendukung transformasi kampus menuju ekosistem digital yang modern [5].

Secara teknis, perancangan sistem ini melibatkan integrasi komponen perangkat keras yang mampu bertukar informasi, seperti mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi kendaraan di jalur masuk dan keluar. Sistem juga dilengkapi dengan mekanisme peringatan (*alert*) saat kapasitas penuh serta fitur pemantauan visual tambahan melalui *dashboard* [4], [6]. Penelitian ini diharapkan tidak hanya mengatasi masalah operasional parkir saat ini, tetapi juga menjadi dasar pengembangan *Intelligent Transportation Systems* (ITS) yang mencakup informasi lalu lintas *real-time* guna meningkatkan mobilitas di masa depan [7]. Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan menguji tingkat akurasi sistem penghitung serta kontrol kapasitas kendaraan roda empat di lingkungan Universitas Telkom untuk mencegah risiko *overcapacity*.

II. KAJIAN TEORI

A. Internet of Things (IoT) dan Intelligent Transportation System (ITS)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi di mana perangkat fisik saling terhubung dan bertukar informasi melalui jaringan internet secara otomatis [8]. Arsitektur IoT terdiri dari tiga elemen utama: pengumpulan data melalui sensor, konektivitas nirkabel (seperti Wi-Fi atau Bluetooth), dan pemrosesan data di *cloud* atau server lokal untuk menghasilkan respon tertentu. Dalam konteks *Smart Campus*, penerapan IoT mendukung terciptanya lingkungan yang adaptif dan efisien.

Sistem *monitoring* parkir yang dirancang dalam penelitian ini mengadopsi konsep *Intelligent Transportation System* (ITS). ITS memanfaatkan teknologi informasi untuk meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan keselamatan dalam manajemen lalu lintas [9], [10]. Pada sistem ini, IoT berfungsi menghubungkan sensor di lapangan untuk mendeteksi pergerakan kendaraan dan memberikan informasi ketersediaan lahan parkir secara *real-time*, sehingga dapat mengoptimalkan manajemen lahan parkir yang terbatas [11], [12].

B. Mikrokontroler ESP32

Pusat kendali sistem ini menggunakan ESP32, sebuah mikrokontroler *low-power* buatan Espressif Systems yang dirancang khusus untuk aplikasi IoT. Keunggulan utama ESP32 adalah integrasi modul Wi-Fi (IEEE 802.11 b/g/n) dan *Bluetooth* 4.2/BLE di dalam satu *chip*, serta prosesor *dual-core* 32-bit Xtensa LX6 berkecepatan hingga 240 MHz [13].

Perangkat ini memiliki memori *flash* hingga 4 MB dan mendukung berbagai antarmuka komunikasi seperti UART, SPI, I2C, dan ADC. Dalam penelitian ini, ESP32 bertugas membaca data dari sensor ultrasonik, memproses logika perhitungan jumlah kendaraan, dan mengirimkan data status parkir ke *server* atau antarmuka pengguna [14].

C. Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan Komponen Pendukung.

Pendeteksian kendaraan dilakukan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Sensor ini bekerja dengan prinsip pantulan gelombang suara (sonar) pada frekuensi 40 kHz untuk mengukur jarak objek dengan jangkauan hingga 4 meter. Pemilihan sensor ultrasonik didasarkan pada keandalannya untuk penggunaan luar ruangan (*outdoor*) dibandingkan sensor inframerah (IR), karena sensor ultrasonik tidak terganggu oleh intensitas cahaya matahari [9], [11].

Sebagai indikator peringatan, sistem dilengkapi dengan *Active Buzzer*. Komponen ini berfungsi memberikan notifikasi suara ketika jumlah kendaraan telah mencapai kapasitas maksimal yang ditentukan, sehingga mencegah kendaraan baru masuk ke area parkir [5]. Selain itu, kamera CCTV juga diintegrasikan sebagai perangkat pendukung untuk memantau kondisi visual area parkir secara *real-time*.

III. METODE

A. Arsitektur dan Perancangan Sistem

Sistem dirancang menggunakan arsitektur terdistribusi yang memisahkan node pintu masuk dan pintu keluar untuk meningkatkan akurasi pendeteksian dan kecepatan respon mikrokontroler. Blok diagram sistem terdiri dari tiga entitas utama: unit pemrosesan lokal (ESP32), platform cloud (Antares), dan antarmuka pengguna (Dashboard & LCD).

1. Sistem Pintu Masuk: Terdiri dari sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi kendaraan, ESP32 sebagai pengendali, dan *Buzzer* sebagai aktuator peringatan. Jika kapasitas parkir penuh, *Buzzer* akan aktif selama 10 detik untuk memberi sinyal kepada pengendara bahwa area tidak dapat dimasuki.
2. Sistem Pintu Keluar: Dirancang lebih sederhana yang hanya terdiri dari ESP32 dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi kendaraan yang meninggalkan area, sehingga variabel jumlah kendaraan dalam *database* dapat dikurangi secara *real-time*.

Data dari kedua *node* tersebut dikirimkan ke *Antares* yang berfungsi sebagai *database IoT*. *Dashboard* berbasis web kemudian menarik data tersebut untuk menampilkan visualisasi jumlah kendaraan dan status ketersediaan parkir kepada pengguna.

B. Perancangan Perangkat Lunak dan Algoritma

Pengembangan perangkat lunak dilakukan menggunakan Arduino IDE dengan memanfaatkan pustaka WiFi.h dan HTTPClient.h. Tantangan utama dalam penggunaan dua mikrokontroler terpisah adalah sinkronisasi data. Untuk

mengatasi hal ini, diterapkan mekanisme komunikasi HTTP GET dan POST melalui port 8443 pada platform Antares. Saat satu node mendeteksi kendaraan, ia akan mengambil data jumlah terkini (GET), melakukan operasi aritmatika (inkremen/dekremen), dan mengirimkan pembaruan kembali (POST) ke server.

Selain itu, diterapkan algoritma *filtering* untuk membedakan objek mobil dengan motor atau pejalan kaki. Sistem dikonfigurasi untuk hanya menghitung objek yang terdeteksi sensor selama durasi lebih dari 2 detik, mengingat dimensi mobil yang lebih panjang membutuhkan waktu lewati yang lebih lama dibandingkan objek lain.

C. Integrasi Sistem Monitoring Visual (CCTV)

Untuk pemantauan visual real-time, sistem mengintegrasikan kamera CCTV berbasis IP. Streaming video diambil menggunakan protokol RTSP (Real-Time Streaming Protocol). Agar dapat ditampilkan pada dashboard berbasis web, aliran video dikonversi menggunakan software FFmpeg menjadi format HLS (HTTP Live Stream). Selain itu, sistem juga menerapkan algoritma Deep Learning YOLOv8 (You Only Look Once) pada pemrosesan citra untuk mendeteksi dan mengklasifikasi plat nomor kendaraan yang masuk ke area parkir.

D. Metode Pengukuran dan Analisis Data

Pengujian kinerja sistem difokuskan pada akurasi pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 dalam mendeteksi jarak objek. Prinsip kerja sensor ini adalah memancarkan gelombang ultrasonik dan menghitung waktu pantulannya. Jarak objek (s) dihitung berdasarkan durasi waktu tempuh gelombang (t) dari saat dipancarkan hingga diterima kembali oleh pin *Echo*, dengan asumsi kecepatan rambat suara di udara (v) sebesar 0,0343 cm/ μ s. Perhitungan jarak dirumuskan dalam persamaan dibawah ini [11]:

$$s = \frac{t \times v}{2}$$

Di mana:

s = Jarak deteksi (cm)

t = Durasi waktu tempuh gelombang (μ s)

v = Kecepatan suara (0,0343 cm/ μ s)

Selanjutnya, untuk mengevaluasi tingkat keberhasilan sistem, dilakukan analisis *Error Rate* dengan mengambil sampel pengujian sebanyak tiga kali percobaan. Tingkat kesalahan dihitung dengan membandingkan selisih terbesar (*Max Deviasi*) terhadap nilai rata-rata (*Average*) pengukuran, sebagaimana dinyatakan dalam Persamaan berikut:

$$Error\ Rate = \left(\frac{Max\ Deviasi}{Average} \right) \times 100\%$$

Persamaan ini digunakan untuk memvalidasi apakah sensor bekerja dalam batas toleransi yang dapat diterima sebelum diintegrasikan dengan sistem *database* dan tampilan *dashboard*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

Sistem direalisasikan menggunakan arsitektur terdistribusi dengan dua *node* ESP32 terpisah untuk jalur masuk dan keluar.

Sensor ultrasonik HC-SR04 dipasang di sisi jalur untuk mendeteksi kendaraan yang melintas, sementara *buzzer* berfungsi sebagai indikator visual dan suara saat kapasitas parkir penuh. Pemisahan sistem masuk dan keluar terbukti efektif meningkatkan akurasi karena meminimalkan kesalahan perhitungan akibat kendaraan yang berhenti sesaat atau bermanuver di area sensor. Data dari kedua *node* disinkronisasi melalui platform Antares menggunakan metode HTTP *GET* dan *POST* untuk memastikan jumlah kendaraan yang ditampilkan di *dashboard* selalu konsisten dengan kondisi aktual.

B. Pengujian Akurasi Sensor Ultrasonik

Pengujian fungsional sensor dilakukan dengan mencatat data jarak deteksi, waktu respons, dan kecepatan kendaraan. Berdasarkan data pengujian, sensor ultrasonik berhasil mendeteksi kendaraan roda empat pada rentang jarak 22 cm hingga 39 cm, yang bervariasi tergantung posisi kendaraan terhadap sensor. Sistem juga mampu mengukur kecepatan kendaraan yang melintas, dengan rata-rata terukur antara 550 cm/s hingga 690 cm/s [1]. Rentang ini sesuai dengan karakteristik lalu lintas internal kampus yang berkecepatan rendah.

Untuk memvalidasi keandalan sistem, dilakukan perhitungan akurasi dengan membandingkan hasil deteksi alat terhadap perhitungan manual (aktual). Ringkasan hasil pengujian akurasi disajikan pada Tabel 1.

Parameter Pengujian	Nilai
Jumlah Sampel Kendaraan	20 Unit
Berhasil Terdeteksi	19 Unit
Gagal Terdeteksi	1 Unit
Tingkat Akurasi	95%
Error Rate	5%

Tabel 1. Rekapitulasi Pengujian Akurasi Sistem

Berdasarkan Tabel 1, sistem menghasilkan tingkat akurasi sebesar 95% dengan *error rate* sebesar 5% [2]. Kesalahan deteksi minor pada satu kendaraan disebabkan oleh jarak antar-kendaraan yang terlalu rapat saat melintas, namun hal ini telah diminimalkan melalui mekanisme *delay* dan penguncian logika pada program ESP32.

C. Pengujian Sistem Monitoring Visual (CCTV)

Pengujian Sistem pemantauan visual menggunakan kamera V380 Pro yang terintegrasi melalui protokol RTSP dan ditampilkan pada *dashboard* lokal. Pengujian menunjukkan bahwa kamera mampu melakukan *live streaming* kondisi parkir dengan latensi rendah. Selain itu, implementasi algoritma YOLOv8 pada sistem *backend* berhasil mendeteksi dan mengonversi plat nomor kendaraan menjadi teks (OCR) yang kemudian disimpan dalam format log .csv, mendukung fitur pencatatan riwayat kendaraan secara digital [3].

```
2026-01-14 12:08:13,B5716SBC
2026-01-14 12:08:18,B5716SB
2026-01-14 12:08:25,DS716SBC
2026-01-14 12:08:41,BE3954BR
2026-01-14 12:08:44,BE 3954 BR
```

Gambar 1. log plat nomor kendaraan



Gambar 2 Deteksi plat nomor pada CCTV

D. Analisis Kinerja Keseluruhan

Secara keseluruhan, sistem menunjukkan kinerja yang stabil dan responsif. Integrasi antara sensor ultrasonik dan logika pemrograman berhasil membedakan objek mobil dengan motor atau pejalan kaki berdasarkan durasi deteksi yang diatur lebih dari 2 detik. Mekanisme peringatan dini menggunakan *buzzer* juga berfungsi efektif; alarm aktif secara otomatis ketika jumlah kendaraan mencapai batas kapasitas (50 kendaraan), sehingga mencegah terjadinya *overcapacity*. Komunikasi data ke *cloud* Antares berjalan lancar, memungkinkan pemantauan kapasitas parkir dapat diakses secara *remote* melalui *dashboard* web.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, sistem *monitoring* kendaraan berbasis *Internet of Things* (IoT) ini berhasil diimplementasikan dengan baik di lingkungan Fakultas Ilmu Terapan. Sistem terbukti mampu mendeteksi kendaraan roda empat secara akurat dan mengirimkan data secara *real-time* ke platform *cloud* Antares melalui mikrokontroler ESP32. Strategi pemisahan logika antara sistem pintu masuk dan pintu keluar terbukti efektif dalam meningkatkan validitas data serta meminimalkan kesalahan hitung akibat pergerakan kendaraan yang tidak stabil. Selain memberikan data okupansi parkir yang presisi, sistem ini juga berhasil menyajikan data rata-rata kecepatan kendaraan, yang memberikan wawasan mengenai perilaku berkendara civitas akademika di area kampus. Keberhasilan implementasi ini secara langsung mendukung perwujudan konsep *Smart Campus* dan *Intelligent Transportation System* (ITS) melalui digitalisasi manajemen fasilitas fisik kampus.

Demi penyempurnaan sistem di masa mendatang, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan teknologi *Computer Vision* berbasis *Machine Learning* guna mendeteksi plat nomor kendaraan (LPR) dan ketersediaan slot parkir secara spesifik. Pengembangan juga perlu diperluas pada sisi antarmuka pengguna, yaitu dengan menggantikan indikator LCD statis menjadi aplikasi *mobile* yang lebih interaktif, sehingga pengguna dapat mengecek ketersediaan lahan parkir dari jarak jauh sebelum memasuki area kampus. Selain itu, skenario pengujian sebaiknya ditingkatkan cakupannya untuk mendeteksi variasi objek lain seperti kendaraan roda dua maupun transportasi internal kampus guna menciptakan ekosistem transportasi cerdas yang lebih komprehensif.

Referensi

- [1] M. S. A. Siregar, U. K. Usman, and S. Astuti, "Pengembangan Sistem Parkir Pintar Berbasis IoT Menggunakan ESP32, Sensor Ultrasonik HC-SR04, dan OLED Display," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 11, pp. 5553–5557, Oct. 2024.
- [2] M. J. Rindengan, U. K. Usman, and S. Astuti, "Pembuatan Sistem Indikator RGB Led Berbasis ESP32 Dan Aplikasi Android Untuk Monitoring Parkir Di Area Parkir Luar TULT," vol. 12, no. 3, p. 3882, Jun. 2025.
- [3] Y. Susanthi, A. Prijono, P. Felipe Army, T. Elektro, K. Maranatha, and J. S. Sumantri, "Sistem Pemberi Informasi dan Visualisasi Ketersediaan Parkir pada Lahan Parkir Bertingkat Berbasis IoT Menggunakan ESP32 IoT-Based System for Providing Information and Visualizing Parking Availability in Multi-Storey Parking Lots Using ESP32," *TELKA*, vol. 10, no. 2, pp. 144–157, 2024.
- [4] Z. Dzulkurnain, A. K. Mahamad, S. Saon, M. A. Ahmadon, and S. Yamaguchi, "Internet of things (IoT) based traffic management & routing solution for parking space," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 15, no. 1, pp. 336–345, Jul. 2019, doi: 10.11591/ijeecs.v15.i1.pp336-345.
- [5] A. Raihan, N. Dian Nathasia, F. Teknologi Komunikasi dan Informatika, U. Nasional Ps Minggu, J. Selatan, and D. Khusus Ibukota Jakarta, "ALAT PENGHITUNG JUMLAH KENDARAAN OTOMATIS PADA AREA PARKIR APARTEMEN BERBASIS INTERNET OF THING MENGGUNAKAN ARDUINO UNO," *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 07, pp. 303–313, Jun. 2022.
- [6] G. Srilekha, D. Reddy Kavya, H. Bindu, and P. Mamatha, "FPGA-Based Smart Parking Management System with Real-Time Slot Monitoring and Entry/Exit Detection," *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 14, no. 07, Jul. 2025, [Online]. Available: <http://www.ijert.org>
- [7] H. Radiles and T. Khairil Ahsyar, "Manajemen Kebutuhan Ruang Parkir Kampus (Studi Kasus: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau)," *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 18, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [8] M. Alagarsamy, P. Kasinathan, G. Manickam, P. R. Duruvarajan, J. Sakkarai, and K. Suriyan, "IoT based E-vehicle monitoring system using sensors and imaging processing algorithm," *International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems*, vol. 11, no. 2, pp. 196–204, Jun. 2022, doi: 10.11591/ijres.v11.i2.pp196-204.
- [9] S. Jeon and D. Seo, "Smart parking system based on an ultrasonic sensor and bluetooth low energy in the internet of things," *Journal of System and Management Sciences*, vol. 9, no. 4, pp. 91–110, 2019, doi: 10.33168/jsms.2019.0407.
- [10] R. Atiqur and Y. Li, "Automated smart car parking system using raspberry Pi 4 and iOS application," *International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems*, vol. 9, no. 3, pp. 229–234, Nov. 2020, doi: 10.11591/ijres.v9.i3.pp229-234.
- [11] F. A. A. Aziz, S. Z. M. Muji, M. H. A. Wahab, Z. Tukiran, C. Uttraphan, and N. Sudin, "Smart Parking System Mobile Application using Ultrasonic Detector," *International Journal of Integrated Engineering*, vol. 14, no. 3, pp. 70–79, 2022, doi: 10.30880/ijie.2022.14.03.008.
- [12] S. Ayaz, K. S. Khattak, Z. H. Khan, N. Minallah, M. A. Khan, and A. N. Khan, "SENSING TECHNOLOGIES FOR TRAFFIC FLOW CHARACTERIZATION: FROM HETEROGENEOUS TRAFFIC PERSPECTIVE," *Journal of Applied Engineering Science*, vol. 20, no. 1, pp. 29–40, 2022, doi: 10.5937/jaes0-32627.
- [13] B. V. Sundawa, A. Amelia, and I. Susanti, "Design of Roadside Unit (RSU) Based On ESP32 for Vehicle to Infrastructure (V2I) Communication System," *Jurnal Mantik*, vol. 3, no. 3, pp. 143–150, Sep. 2019, [Online]. Available: <https://iocscience.org/ejournal/index.php/mantik/index>
- [14] S. A. Arrahma and R. Mukhaiyar, "Pengujian Esp32-Cam Berbasis Mikrokontroler ESP32," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 60–66, Feb. 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i1.347.