



Optimasi Kinerja Sensor Ultrasonik pada Prototype Sistem Monitoring Slot Parkir

Fitriani¹, Andi Saenong^{2,*}, Mochammad Agus Idris¹, Justam³

¹ Teknik Informatika, Universitas Dipa Makassar, Makassar, Indonesia

² Manajemen Informatika, Universitas Dipa Makassar, Makassar, Indonesia

³ Teknik Informatika, Universitas Megabuana, Palopo, Indonesia

Email: ¹Fitriani@undipa.ac.id, ^{2,*}andi.saenong@undipa.ac.id, ³magusidris@gmail.com, ⁴justam@umegabuana.ac.id

Email Penulis Korespondensi: andi.saenong@undipa.ac.id

Abstrak—Pertumbuhan kendaraan pribadi di wilayah perkotaan menimbulkan tantangan dalam pengelolaan lahan parkir yang efisien dan akurat. Teknologi Internet of Things (IoT) menjadi solusi potensial untuk membangun sistem monitoring slot parkir otomatis berbasis sensor. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja sensor ultrasonik dengan mengevaluasi dua posisi pemasangan berbeda, yaitu di bagian belakang (Skenario A) dan bagian atas (Skenario B) slot parkir. Penelitian dilakukan menggunakan pendekatan eksperimental dengan miniatur prototype, di mana data dikumpulkan dan dievaluasi berdasarkan tingkat akurasi deteksi. Hasil menunjukkan bahwa Skenario B menghasilkan akurasi sebesar 85%, sedangkan Skenario A hanya 55%, dengan selisih akurasi sebesar 30%. Temuan ini menunjukkan bahwa penempatan sensor sangat memengaruhi performa sistem dalam mendeteksi keberadaan kendaraan. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan sistem parkir otomatis berbasis IoT yang lebih akurat dan efisien.

Kata Kunci: Internet of Things; Sensor Ultrasonik; Parkir Otomatis; Optimasi Sensor; Akurasi Deteksi

Abstract—The growth of private vehicles in urban areas poses significant challenges in managing parking spaces efficiently and accurately. The Internet of Things (IoT) technology offers a promising solution for developing an automated parking slot monitoring system based on sensors. This study aims to optimize the performance of ultrasonic sensors by evaluating two different installation positions: at the rear (Scenario A) and above (Scenario B) the parking slot. The research was conducted using an experimental approach with a miniature prototype, where data were collected and evaluated based on detection accuracy. The results showed that Scenario B achieved an accuracy of 85%, whereas Scenario A reached only 55%, with a 30% accuracy difference. These findings indicate that sensor placement greatly influences system performance in detecting the presence of vehicles. This study provides a significant contribution to the development of more accurate and efficient IoT-based automated parking systems.

Keywords: Internet of Things; Ultrasonic Sensor; Automated Parking; Sensor Optimization; Detection Accuracy

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah kendaraan pribadi di wilayah perkotaan, khususnya di Kota Makassar, telah memunculkan tantangan signifikan dalam pengelolaan sistem parkir. Seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan, kebutuhan akan ruang parkir yang efisien dan akurat semakin mendesak untuk mengatasi kemacetan yang terjadi, khususnya di area parkir pusat perbelanjaan, perkantoran, dan instansi pemerintah. Pencarian slot parkir yang kosong sering kali memakan waktu yang lama, sehingga mengakibatkan kendaraan berputar-putar dalam area parkir. Masalah ini diperparah dengan perilaku pengendara yang tidak tertib, seperti parkir miring, tidak tepat di tengah slot parkir, atau bahkan melanggar garis kuning pembatas. Selain itu, keterbatasan sumber daya manusia dalam pengawasan parkir juga menghambat upaya penertiban yang efektif. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam sistem parkir, seperti penggunaan teknologi untuk mempermudah pemantauan dan pengelolaan parkir secara lebih efisien, guna mengurangi dampak kemacetan dan meningkatkan ketertiban dalam penggunaan ruang parkir.

Hal ini menjadikan pengelolaan lahan parkir yang efektif sebagai salah satu isu utama yang harus segera diatasi. Untuk mengatasi tantangan ini, teknologi berbasis *Internet of Things (IoT)* menawarkan solusi yang memungkinkan pengelolaan parkir secara otomatis dan *real-time*. Dengan sistem parkir otomatis, kendaraan dapat mendeteksi ketersediaan slot parkir secara cepat, mengurangi waktu pencarian, serta mengurangi kemacetan yang timbul akibat antrian parkir (Efan, 2021). Salah satu komponen penting dalam sistem parkir otomatis adalah sensor yang dapat mendeteksi kendaraan secara akurat dan efisien. Sensor ultrasonik merupakan salah satu teknologi yang banyak digunakan untuk aplikasi pengukuran jarak, termasuk dalam sistem parkir otomatis (Yudha & Sani, 2017). Sensor ini bekerja dengan mengukur waktu yang dibutuhkan gelombang suara untuk memantul kembali setelah mengenai objek, sehingga dapat menentukan jarak objek tersebut dengan akurat. Namun, meskipun sensor ultrasonik relatif murah dan mudah digunakan, akurasi deteksi kendaraan sangat bergantung pada penempatan sensor itu sendiri (Lautan Wijaya Nusantara et al., 2024). Faktor eksternal seperti objek penghalang di sekitar sensor, serta kondisi kendaraan yang terparkir miring atau tidak rata, dapat memengaruhi kinerja sensor dan menghasilkan pembacaan yang tidak akurat.

Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan berbagai jenis sensor dalam sistem parkir otomatis, seperti sensor inframerah dan sensor ultrasonik yang dikombinasikan dengan mikrokontroler seperti ESP32 dan Arduino. Sistem ini mengirimkan data ketersediaan parkir ke *platform* berbasis aplikasi seperti *Telegram*, *Blynk*, atau *Ubidots* untuk memudahkan pengguna dalam mencari tempat parkir yang kosong. Penelitian yang dilakukan oleh (Chandra Aldi Wibawa et al., 2022), (Darpono & Aldi, 2020), dan (Hidayat et al., 2022) menunjukkan potensi besar penggunaan sensor ultrasonik dalam sistem monitoring slot parkir.

Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah bagaimana menempatkan sensor tersebut secara optimal untuk menghindari pengaruh noise dari kendaraan lain dan kondisi kendaraan yang tidak teratur (Lautan Wijaya Nusantara et al., 2024). Melihat pentingnya penempatan sensor dalam meningkatkan akurasi deteksi, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan mengidentifikasi posisi sensor ultrasonik yang paling optimal dalam sistem monitoring lahan parkir. Dengan penempatan sensor yang lebih baik, diharapkan deteksi kendaraan dapat dilakukan dengan lebih akurat, mengurangi kemungkinan kesalahan deteksi slot kosong atau terisi.

Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi kinerja sensor, seperti kondisi lingkungan, posisi kendaraan, dan desain sistem parkir. Optimisasi merupakan suatu proses pencarian hasil terbaik yang mencakup studi kuantitatif tentang titik optimum dan cara-cara untuk mencarinya. Proses ini dalam analisis sistem diterapkan terhadap alternatif yang dipertimbangkan, kemudian dari hasil itu dipilih alternatif yang menghasilkan keadaan terbaik (Alwendi, 2021).

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting bagi pengembangan sistem parkir otomatis yang lebih efisien dan efektif, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kenyamanan dan efisiensi pengguna dalam mencari tempat parkir. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat membantu mengurangi kemacetan di area perkotaan, memberikan solusi bagi pengelolaan lahan parkir yang semakin terbatas, serta meningkatkan penggunaan teknologi IoT dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat kota.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan desain percobaan untuk mengoptimalkan kinerja sensor ultrasonik dalam sistem monitoring slot parkir (Arib et al., 2024). Pendekatan eksperimental dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan menguji kinerja sensor pada area parkir dengan variabel yang dikontrol, seperti posisi sensor, dan posisi kendaraan. Eksperimen ini berfokus pada pengujian berbagai penempatan sensor ultrasonik pada area parkir untuk menentukan posisi yang optimal yang memberikan hasil deteksi kendaraan yang paling akurat. Penelitian ini juga melibatkan pembuatan miniatur *prototype* sistem monitoring parkir menggunakan sensor ultrasonik yang dapat memantau status slot parkir secara real-time, serta mengirimkan data ke *platform telegram_BOT* untuk monitoring (Tisna et al., 2024). Dengan pendekatan eksperimental ini, data yang dikumpulkan dari percobaan akan dianalisis untuk menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi deteksi, seperti gangguan dari objek lain yang melintas, kondisi kendaraan yang parkir miring, serta kondisi lingkungan sekitar (Yunitri, N., Janitra, F. E., Kustanti, C. Y. ., Nur Aini, Tiara Octary, Melati Fajarini, 2024). Hasil penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi tentang penempatan sensor yang optimal, yang dapat meningkatkan efektivitas sistem parkir otomatis berbasis sensor ultrasonik di area perkotaan.

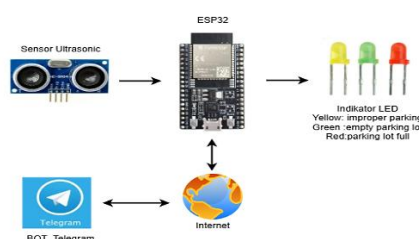
2.2 Desain Penelitian

Desain penelitian ini mengadopsi desain eksperimen dengan pendekatan faktor tunggal yang bertujuan untuk menguji dan mengoptimalkan penempatan sensor ultrasonik dalam sistem monitoring slot parkir. Dalam desain eksperimen ini, penempatan sensor merupakan variabel utama yang akan diuji, dengan tujuan untuk menemukan posisi sensor yang memberikan deteksi kendaraan yang paling akurat dan stabil di berbagai kondisi. Penelitian ini menguji variabel eksperimen:

1. Penempatan sensor: Sensor ultrasonik akan ditempatkan pada posisi yang berbeda-beda di area parkir, termasuk di bagian atas, bawah, dan belakang slot parkir. Variasi penempatan ini untuk mengidentifikasi posisi terbaik yang dapat memaksimalkan kinerja deteksi kendaraan.
2. Posisi kendaraan: Kendaraan akan diparkir dalam kondisi yang berbeda, seperti parkir lurus, parkir miring, atau diagonal, untuk melihat bagaimana posisi kendaraan mempengaruhi akurasi sensor dalam mendeteksi keberadaan kendaraan di slot parkir.

2.3 Perangkat dan Bahan

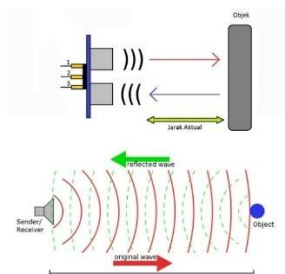
Penelitian ini menggunakan beberapa perangkat dan bahan untuk membangun sistem *prototype* monitoring slot parkir berbasis sensor ultrasonik. Perangkat ini berfungsi untuk mendeteksi kendaraan, memproses data, dan mengirimkan informasi status slot parkir kepada pengguna dan operator.



Gambar 1. Diagram Sensor Sistem Parkir

1. Sensor Ultrasonik

Digunakan untuk mengukur jarak antara kendaraan dan sensor dengan memanfaatkan gelombang suara (Arifin et al., 2022). Sensor ini terdiri dari dua komponen utama, yaitu pemancar dan penerima sinyal. Cara kerjanya adalah dengan memancarkan gelombang ultrasonik yang kemudian dipantulkan kembali oleh objek yang berada di hadapannya. Waktu yang dibutuhkan oleh gelombang untuk kembali ke sensor diukur dan dikonversikan menjadi jarak antara objek dan sensor tersebut (Arsada, 2017).



Gambar 2. Cara kerja Sensor Ultrasonic

2. ESP32

Mikrokontroler (MCU) berbasis sistem pada chip (SoC) yang dikembangkan oleh Espressif Systems, dirancang khusus untuk aplikasi Internet of Things (IoT). Dengan dua inti CPU yang dapat beroperasi hingga 240 MHz, ESP32 menawarkan performa tinggi dan efisiensi daya. Chip ini mendukung konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, serta memiliki banyak pin GPIO untuk interfacing dengan sensor dan perangkat lainnya. Dilengkapi dengan berbagai antarmuka seperti I2C, SPI, dan ADC, ESP32 juga mendukung pemrosesan audio dan sinyal digital. Keunggulannya dalam konsumsi daya rendah dan fitur keamanan tinggi menjadikannya pilihan ideal untuk perangkat IoT. ESP32 mendukung pengembangan menggunakan platform seperti Arduino IDE dan ESP-IDF (Harianto et al., 2024). Pada penelitian ini digunakan sebagai perangkat pemrosesan data dan pengirim data ke BOT_Telegram.

3. LED

LED adalah singkatan dari Light Emitting Diode, atau dalam bahasa Indonesia disebut Dioda Pemancar Cahaya. Merupakan komponen elektronik yang memancarkan cahaya ketika dialiri arus listrik. LED bekerja berdasarkan prinsip dioda, di mana elektron yang bergerak melalui semikonduktor akan melepaskan energi dalam bentuk foton, yang kita lihat sebagai cahaya (Jose Da Costa, 2014). Pada penelitian ini digunakan sebagai indikator kondisi slot parkir apakah terisi, tidak terisi, dan parkir tidak sesuai.

4. Bot_Telegram

Program otomatis yang beroperasi dalam aplikasi Telegram, dirancang untuk melakukan berbagai tugas atas nama pengguna, seperti mengirim pesan, notifikasi, atau mengambil informasi. Bot Telegram dapat diprogram untuk berbagai tujuan, mulai dari yang sederhana hingga kompleks, dan berinteraksi dengan pengguna melalui pesan dan perintah. Merupakan aplikasi yang digunakan untuk menerima data monitoring slot parkir dari ESP32 (Tisna et al., 2024).

5. Miniatur Prototype

Experimen pengujian dilakukan pada miniatur prototype (Wagya, 2019), miniatur prototype dibuat dari kardus bekas untuk mensimulasikan lahan parkir yang sebenarnya. miniatur prototype merupakan solusi dalam pengujian berbagai penelitian skala kecil sebelum diterapkan (Kurnia et al., 2024).

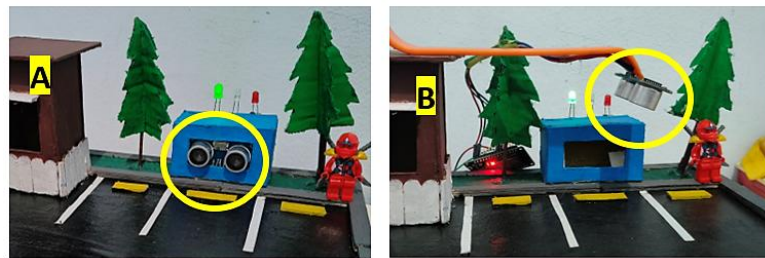


Gambar 3. Miniatur Prototype

2.3 Pengumpulan Data

Pengujian posisi sensor dilakukan dengan dua posisi yang berbeda untuk mengetahui pengaruh posisi sensor terhadap akurasi deteksi objek, yaitu Posisi A dan Posisi B. Posisi A diletakkan di bagian belakang kendaraan, sedangkan Posisi B dipasang di bagian atas kendaraan. Semua pengujian dilakukan dengan kondisi lingkungan yang disesuaikan agar konsisten sepanjang proses pengumpulan data. Faktor lingkungan seperti pencahayaan, suhu, dan cuaca dijaga agar seragam untuk memastikan hasil pengujian yang valid.

1. Posisi A: Sensor ditempatkan pada bagian belakang kendaraan. Pada posisi ini, sensor akan mengukur jarak antara sensor dan objek yang berada di area belakang kendaraan.
2. Posisi B: Sensor dipasang pada bagian atas kendaraan. Di posisi ini, sensor diharapkan dapat mendeteksi objek dari sudut pandang yang lebih luas dan dengan jarak deteksi yang berbeda.



Gambar 4. Posisi Sensor A dan B

2.4 Formula Evaluasi

Penelitian ini menguji kinerja sensor pada masing-masing skenario penempatan, yaitu Skenario A dan Skenario B. Pengujian A dan B disesuaikan pada kondisi lingkungan seperti tingkat pencahayaan, kelembaban ruangan, dan objek-objek lain yang dapat mempengaruhi kinerja sensor pada area deteksi. Pada Skenario A, sensor ditempatkan di bagian belakang slot parkir dengan jarak antara sensor dan objek (kendaraan) sekitar 1 cm. Sedangkan pada Skenario B, sensor diposisikan di bagian atas slot parkir dengan jarak 8 cm dari permukaan lantai parkir. Kedua skenario ini diuji untuk mengukur perbedaan kinerja sensor dalam mendeteksi kendaraan pada posisi yang berbeda dalam area parkir.

Proses evaluasi melibatkan pengujian sensor dalam kondisi kendaraan di dalam area parkir. Hasil dari pengujian ini dihitung menggunakan formula evaluasi yang sudah ditentukan sebelumnya. Perhitungan ini bertujuan untuk menilai kemampuan deteksi sensor berdasarkan jumlah deteksi sensor yang benar, Deteksi Sensor Benar (True Positives), Deteksi Sensor Salah (False Negative) dan Total data deteksi (Total Detection) (Saenong et al., 2023).

Formula yang digunakan :

$$\text{Akurasi deteksi} = \frac{\text{Deteksi Sensor Benar (A atau B)}}{\text{Total Data (A atau B)}} \times 100 \quad (1)$$


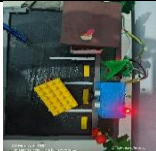


3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahapan pengujian dilakukan pengambilan data pada Skenario A sebanyak 20 data dan Skenario B sebanyak 20 data, data kemudian diolah menggunakan formula yang telah ditentukan.

3.1 Pengujian Skenario A

Berikut Tabel 1 hasil pengujian skenario A.

Tabel 1. Pengujian Skenario A

No	Skenario A	Keterangan	No	Skenario A	Keterangan
1		Actual :Slot Terisi Sensor :Slot Terisi True Positive	11		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Terisi False Negative
2		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Terisi False Negative	12		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Terisi False Negative

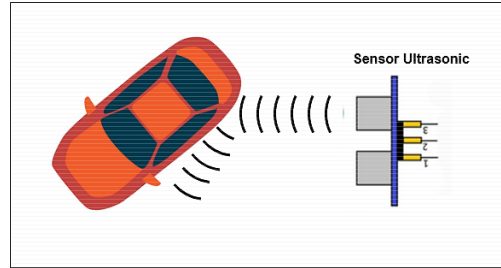
No	Skenario A	Keterangan	No	Skenario A	Keterangan
3		Actual :Slot Terisi Sensor :Slot Terisi True Positive	13		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive
4		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive	14		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive
5		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Terisi False Negative	15		Actual :Slot Terisi Sensor :Slot Terisi True Positive
6		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Terisi False Negative	16		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive
7		Actual :Slot Terisi Sensor :Slot Terisi True Positive	17		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Terisi False Negative
8		Actual :Slot Terisi Sensor :Slot Terisi True Positive	18		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive
9		Actual :Slot Terisi Sensor :Slot Terisi True Positive	19		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Terisi False Negative
10		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Terisi False Negative	20		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Terisi False Negative

Skenario A Untuk 20 Kondisi (True Positif =11 Kasus), (False Negatif=9 Kasus).

$$\text{Akurasi Deteksi} = \frac{\text{True Positive}}{\text{Total Data}} \times 100$$

$$55\% = \frac{11}{20} \times 100$$

Pencapaian akurasi pada skenario A mencapai 55%, yang disebabkan oleh penempatan sensor yang tidak optimal. Posisi sensor dalam skenario A mengakibatkan jarak deteksi sensor yang tidak terkontrol, sehingga ketika sensor mengirimkan sinyal, sinyal tersebut tidak terpantul kembali. Penempatan sensor secara horizontal menyebabkan sensor mendeteksi setiap objek yang melintas di depannya, meskipun objek tersebut tidak berada dalam area slot parkir. Selain itu, pada posisi sensor yang miring, seringkali sinyal yang dikirimkan tidak kembali ke sensor, sehingga sensor gagal mendeteksi objek dengan baik gambar 6. Hal ini mengindikasikan perlunya penempatan sensor yang lebih tepat untuk meningkatkan akurasi deteksi objek pada sistem parkir (Rifky Assolihin1, Mustaghfirin Fauzan Al Anshari Sirait2, 2025).



Gambar 5. Sinyal Sensor tidak kembali



3.2 Pengujian Skenario B

Berikut Tabel 2 hasil pengujian skenario B

Tabel 2. Pengujian Skenario B

No	Skenario B	Keterangan	No	Skenario B	Keterangan
1		Actual :Slot Terisi Sensor :Slot Terisi True Positive	11		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive
2		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive	12		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive
3		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Terisi False Negative	13		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive
4		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive	14		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Terisi False Negative
5		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive	15		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive
6		Actual :Slot Terisi Sensor :Slot Terisi True Positive	16		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive
7		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive	17		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive
8		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive	18		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive
9		Actual :Slot Terisi Sensor :Slot Terisi True Positive	19		Actual :Slot Terisi Sensor :Slot Terisi True Positive



No	Skenario B	Keterangan	No	Skenario B	Keterangan
10		Actual :Slot Kosong Sensor :Slot Kosong True Positive	20		Actual :Slot Terisi Sensor :Slot Kosong False Negative

Skenario B Untuk 20 Kondisi (True Positif =17 Kasus), (False Negatif= Kasus).

$$\text{Akurasi Deteksi} = \frac{\text{True Positive}}{\text{Total Data}} \times 100$$

$$85\% = \frac{17}{20} \times 100$$

Pencapaian akurasi untuk skenario B mencapai 85%. Meski pencapaian pada skenario B unggul dibandingkan dengan skenario A namun peningkatan akurasi pada skenario B masih dapat ditingkatkan dengan menambahkan sensor pada slot parkir atau menggunakan pengenalan citra dalam mendeteksi kendaraan (Saenong, 2024).

3.3 Pembahasan Hasil Skenario

Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam akurasi deteksi antara Skenario A dan Skenario B. Pada Skenario A, yang menguji sensor yang ditempatkan di bagian belakang slot parkir dengan jarak 1 cm dari objek, akurasi deteksi yang tercatat hanya 55%. Sebaliknya, pada Skenario B, di mana sensor ditempatkan pada bagian atas slot parkir dengan jarak 8 cm dari permukaan lantai, akurasi deteksi meningkat secara signifikan menjadi 85%.

$$\text{Selisih Persentase} = \frac{\text{Skenario B} - \text{Skenario A}}{\text{Skenario A}} \times 100\%$$

$$\text{Selisih Persentase} = \frac{85-55}{55} \times 100\%$$

$$54,55\% = \frac{30}{55} \times 100\%$$

Perbedaan akurasi antara kedua skenario ini menghasilkan selisih persentase sebesar 54.55%, yang menunjukkan bahwa Skenario B memberikan kinerja yang jauh lebih baik dalam mendeteksi kendaraan. Selisih ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti jarak deteksi Skenario A yang terlalu luas, posisi Skenario B yang lebih strategis dibandingkan dengan Skenario A, dan juga pada posisi kendaraan parkir miring pada skenario A akan membuang sinyal sedangkan skenario B tetap memantulkan sinyal terlihat pada gambar 6. Temuan ini memberikan wawasan penting dalam memilih posisi sensor yang lebih efektif untuk sistem parkir otomatis (Revaldy Alexandra Putra et al., 2024).

4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengkaji pengaruh posisi pemasangan sensor ultrasonik terhadap akurasi sistem monitoring slot parkir berbasis IoT. Dua skenario diuji: Skenario A dengan penempatan sensor di bagian belakang slot parkir dan Skenario B dengan sensor dipasang di bagian atas slot parkir, pada jarak 8 cm dari permukaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Skenario B memberikan akurasi yang lebih tinggi, yakni 85%, dibandingkan dengan Skenario A yang hanya mencapai 55%. Selisih akurasi sebesar 30% menunjukkan bahwa penempatan sensor di posisi atas mampu mengurangi kesalahan deteksi seperti false negative secara signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa posisi sensor sangat mempengaruhi efektivitas sistem dalam mendeteksi keberadaan kendaraan. Dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi, Skenario B dapat meningkatkan efisiensi sistem monitoring parkir, yang sangat penting dalam konteks penggunaan sistem IoT untuk parkir di area perkotaan yang padat. Oleh karena itu, penempatan sensor pada posisi atas direkomendasikan untuk sistem parkir berbasis IoT di masa depan. Temuan ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam menciptakan sistem parkir yang lebih responsif, andal, dan mampu memenuhi kebutuhan dinamis pengguna di lingkungan perkotaan.

REFERENCES

- Alwendi, A. (2021). Optimalisasi Internet of Things untuk Meningkatkan Produksi pada Sektor Usaha Kecil dan Menengah di Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 3(1), 16. <https://doi.org/10.36499/jinrpl.v3i1.3963>
- Arib, M. F., Rahayu, M. S., Sidorj, R. A., & Afgani, M. W. (2024). Experimental Research Dalam Penelitian Pendidikan. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(1), 5497–5511. <https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/8468>
- Arifin, T. N., Febriyani Pratiwi, G., & Janrafsasih, A. (2022). Sensor Ultrasonik Sebagai Sensor Jarak. *Jurnal Tera*, 2(2), 55–62. <http://jurnal.undira.ac.id/index.php/jurnaltera/>
- Arsada, B. (2017). Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*, 6(2), 1–8.



- Chandra Aldi Wibawa, R., Baskoro, F., Gusti Putu Asto, I. B., & Kholis, N. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring Area Parkir Kosong pada Pusat Perbelanjaan Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Telegram Bot. *Jurnal Teknik Elektro UNESA*, 11(2), 182–189.
- Darpono, R., & Aldi, M. (2020). Sistem Monitoring Parkir Mobil Bertema Iot (Internet Of Things). *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 9(2), 47–51. <https://doi.org/10.30591/polektro.v9i2.2012>
- Efan, S. (2021). Sistem Monitoring Penempatan Lokasi Parkir Kendaraan Berbasis IoT. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(5), 930–950. <https://doi.org/10.46799/jsa.v2i5.238>
- Harianto, D., Bintang, H. S., Ardiyanto, A., & Widyawan, V. L. D. (2024). Development and Evaluation of an ESP32-based Temperature and Humidity Control Unit for Textile Storage. *International Journal of Engineering Continuity*, 4(1), 1–19. <https://doi.org/10.58291/ijec.v4i1.309>
- Hidayat, L., Kurniawan, E., & Ramdhani, M. (2022). Perancangan Sistem Palang Parkir Otomatis Dan Pendeteksi Slot Parkir Berbasis Iot. *E-Proceeding of Engineering*, 9(2), 174–180.
- Jose Da Costa, M. R. S. S. S. T. (2014). *Universitas Kristen Satya Wacana Pemanfaatan LED Sebagai Pendeteksi Kecerahan Cahaya Matahari*. [https://repository.uksw.edu/bitstream/123456789/4515/2/PROS_JDa Costa%2C MRS Santi%2C S Trihandaru_Pemanfaatan LED_fulltext.pdf](https://repository.uksw.edu/bitstream/123456789/4515/2/PROS_JDa%20Costa%20MRS%20S%20Trihandaru_Pemanfaatan%20LED_fulltext.pdf)
- Kurnia, E., Pandia, M., Sembiring, B. S. B., & Margaretta, D. (2024). Pemanfaatan Internet of Things Pada Smarthome Dengan Model Simulasi Prototype. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Sistem Informasi (JIKOMSI)*, 7(1), 112–115. <https://doi.org/10.55338/jikoms.v7i1.2728>
- Lautan Wijaya Nusantara, J., Aminullah, A., & Siswosukarto, S. (2024). Penempatan Sensor Akselerometer Pada Jembatan Merah Putih. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(1), 21–30. <https://doi.org/10.24002/jts.v18i1.10354>
- Revaldy Alexandra Putra, Galang Akbar Fatoni, Muhammad Hanif Rifai, Erdin Wildan Ahsani, & Rafli Devano Danendra. (2024). Validasi Akurasi Pengukuran Terhadap Benda Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis NodeMCU 8266. *Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 2(3), 188–195. <https://doi.org/10.61132/mars.v2i3.187>
- Rifky Assolihin1, Mustaghfirin Fauzan Al Anshari Sirait2, A. N. (2025). Jurnal Teknologi Pembelajaran Interaktif. *Jurnal Teknologi Pembelajaran Interaktif*, 5(1), 217–225.
- Saenong, A. (2024). Parkir Menggunakan Kamera. *Jurnal Sistem Informasi Dan Sistem Komputer*, 9(2), 267–277. <https://doi.org/https://doi.org/10.51717/simkom.v9i2.570>
- Saenong, A., Zainuddin, Z., & Niswar, M. (2023). Identification of Poultry Reproductive Behavior Using Faster R-CNN with MobileNet V3 Architecture in Traditional Cage Environment. *2023 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications: Leveraging Intelligent Systems to Achieve Sustainable Development Goals, ISITIA 2023 - Proceeding*, 456–461. <https://doi.org/10.1109/ISITIA59021.2023.10221017>
- Tisna, D. R., Maharani, T., & Nugroho, K. T. (2024). Pemanfaatan Chatbot Telegram Untuk Monitoring Dan Kontrol Kualitas Air Menggunakan Esp32. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, 9(3), 1292–1306. <https://doi.org/10.29100/jupi.v9i3.5329>
- Wagya, A. (2019). Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT). *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 8(2), 238. <https://doi.org/10.36055/setrum.v8i2.6561>
- Yudha, P. S. F., & Sani, R. A. (2017). Implementasi Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Sebagai Sensor Parkir Mobil Berbasis Arduino. *Jurnal Einstein*, 5(3), 19–26. <http://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/inpafie-issn:2407-747x,p-issn2338-1981>
- Yunitri, N., Janitra, F. E., Kustanti, C. Y. ., Nur Aini, Tiara Octary, Melati Fajarini, ... Yani Sofiani. (2024). Metode Penelitian Eksperimental. *Jurnal Kesehatan STIKES Bethesda Yakkum Yogyakarta*, 11(2), 67–79.