

Implementasi Sistem Keamanan Kendaraan Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM OV2640 Berbasis Internet of Things

Theofilus Herly Hatonangan Samosir^{1)*}, Imam Hidayat¹⁾, Siti Masrurroh¹⁾

¹⁾Universitas Pamulang

*Correspondence: theosamosir@unpam.ac.id

Abstract

Automobile theft and robbery continue to pose considerable security threats, as traditional security measures like alarms and dual locks typically offer only localized alerts and fail to provide real-time visual and locational data to car proprietors. Current vehicle surveillance methodologies typically focus on detection, visual observation, or positional tracking in isolation, resulting in a deficiency in the amalgamation of these capabilities inside a unified IoT-centric security framework. This research intends to create and execute a car security monitoring system based on the Internet of Things (IoT), which incorporates object identification, visual documentation, and GPS location tracking, utilizing the Telegram Bot API for remote notifications. The system was created through an experimental and prototyping methodology that included requirements gathering, prototype development, hardware and software integration, execution, and functional evaluation. The system incorporates an ESP32-CAM OV2640, an HC-SR04 ultrasonic sensor, a Neo-6M GPS module, and the Telegram Bot API. The test findings indicate that the ultrasonic sensor identified things at distances reaching 100 cm but was unable to detect items at 120 cm. The transmission of Telegram notifications necessitated between 4.2 and 5.4 seconds, with a mean response time of 4.775 seconds and a standard deviation of ± 0.45 seconds. The primary contribution of this research is the amalgamation of automated detection, visual proof, and vehicle positioning data into a unified IoT-centric security monitoring prototype, allowing remote users to obtain security updates via Telegram.

Keywords: ESP32-CAM; Internet Of Things; Vehicle security.

Abstrak

Sistem keamanan konvensional seperti alarm dan kunci ganda biasanya hanya memberikan peringatan lokal dan tidak dapat memberikan informasi visual dan lokasi kendaraan secara real-time kepada pemilik. Sebaliknya, pencurian dan pembegalan kendaraan bermotor masih menjadi masalah keamanan. Dalam kebanyakan kasus, sistem pemantauan kendaraan menjalankan tugas deteksi, pemantauan visual, dan pelacakan lokasi secara terpisah. Akibatnya, ada keterbatasan dalam menggabungkan ketiga fungsi ini ke dalam satu sistem keamanan berbasis Internet of Things (IoT). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan menerapkan sistem pemantauan keamanan kendaraan berbasis IoT yang menggabungkan deteksi objek, dokumentasi visual, dan pelacakan lokasi berbasis GPS dengan API Bot Telegram sebagai media notifikasi jarak jauh. Identifikasi kebutuhan, perancangan prototipe, integrasi perangkat lunak dan perangkat keras, implementasi, dan pengujian fungsional adalah bagian dari metodologi eksperimen dan prototipe. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04, modul GPS Neo-6M, ESP32-CAM OV2640, dan API Telegram Bot terintegrasi dalam sistem. Sensor dapat mendeteksi objek dari jarak 100 cm, tetapi tidak dapat mendeteksi objek dari jarak 120 cm. Waktu pengiriman notifikasi Telegram adalah 4,2–5,4 detik, dengan rata-rata waktu respons adalah 4,775 detik, dan standar deviasi adalah 0,45 detik lebih sedikit daripada yang lain. Fokus utama penelitian ini adalah prototipe sistem keamanan berbasis IoT yang memanfaatkan deteksi otomatis, bukti visual, dan informasi lokasi kendaraan untuk memberikan informasi keamanan kendaraan kepada pengguna melalui Telegram.

Kata kunci: ESP32-CAM; Internet Of Things; Keamanan Kendaraan.

Received: 01 Sep 2026; Reviewed: 21 Sep 2026; Accepted: 09 Okt 2026; Available Online: 12 Okt 2026;

@ 2026 Inventor

PENDAHULUAN

Salah satu cara transportasi yang paling umum digunakan dalam aktivitas masyarakat adalah kendaraan bermotor, khususnya sepeda motor. Selain itu, tingginya mobilitas kendaraan diikuti oleh peningkatan kemungkinan kejahatan, seperti pencurian dan pembegalan. Permasalahan tersebut menjadi semakin penting karena ancaman terhadap pengendara dapat muncul secara tiba-tiba ketika kendaraan sedang digunakan.

Sistem keamanan konvensional yang biasa digunakan, seperti kunci ganda dan alarm suara, biasanya tidak dapat memberikan informasi secara langsung kepada pemilik kendaraan (Taufiqurrahman & Riyenti, 2026). Sistem tersebut tidak memberikan dokumentasi visual dan informasi lokasi kendaraan secara real-time, dan lebih fokus pada pencegahan atau pemberian peringatan lokal (Baek et al., 2021; Nababan & Sinambela, 2024; Putra et al., 2024). Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem konvensional tidak memiliki kemampuan untuk memberikan informasi secara cepat, dan kebutuhan sistem keamanan kendaraan yang cepat (Ananto et al., 2025). Menurut laporan penelitian, GPS tracker pada kendaraan pada dasarnya dapat memberikan informasi posisi. Namun, mereka belum terintegrasi secara langsung dengan sistem peringatan otomatis atau dokumentasi visual saat kondisi yang tidak normal terjadi. Melalui integrasi perangkat sensor, mikrokontroler, sistem komunikasi, dan aplikasi pengguna, perkembangan Internet of Things (IoT) memberikan peluang untuk mengatasi keterbatasan tersebut (Taiwo, 2021). IoT memungkinkan perangkat melakukan proses deteksi, pengolahan, dan pengiriman data tanpa memerlukan intervensi manual terus-menerus. Ini sangat penting untuk keamanan kendaraan (Iskandar et al., 2026). Studi ini menggunakan API Telegram Bot untuk menyampaikan informasi kepada pemilik kendaraan, ESP32-CAM sebagai pusat kontrol dan perangkat pengambil gambar, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengidentifikasi keberadaan atau perubahan objek di sekitar pengemudi, dan GPS Neo-6M untuk mengetahui lokasi kendaraan (Nur et al., 2024). Dengan integrasi ini, pemilik kendaraan dapat melihat kondisi kendaraan dari jarak jauh melalui peringatan yang mengandung gambar dan informasi lokasi.

Penelitian ini berfokus pada integrasi berbagai fitur keamanan dalam satu prototipe berbasis Internet of Things. Sistem yang dikembangkan tidak hanya dapat mendeteksi objek, tetapi juga dapat menghubungkan kamera, pelacakan lokasi, dan mekanisme notifikasi Telegram dengan hasil deteksi (Mahendra et al., 2026). ESP32-CAM dapat mengaktifkan kamera OV2640 untuk mengambil gambar jika sensor ultrasonik menemukan objek atau perubahan kondisi di sekitar kendaraan. Solusi yang ditawarkan menggabungkan tiga jenis informasi penting: indikasi kejadian, dokumentasi visual, dan posisi kendaraan. Informasi visual selanjutnya dikirimkan kepada pengguna, sedangkan koordinat lokasi diperoleh melalui GPS Neo-6M (Herly et al., n.d.). Rancangan tersebut bertujuan untuk mengatasi kelemahan sistem keamanan konvensional, terutama situasi pembegalan yang terjadi secara tiba-tiba saat kendaraan digunakan.

Pentingnya inovasi penelitian ini tidak hanya pada penggunaan perangkat IoT; itu juga mencakup penggabungan mekanisme deteksi otomatis dengan dokumentasi visual dan informasi lokasi yang dapat diakses pengguna melalui perangkat smartphone (H & Nurhayati, 2026). Sistem dimaksudkan untuk tetap dalam kondisi siaga ketika tidak terdeteksi objek dan memulai pengambilan gambar ketika terjadi kondisi pemicu (Aditya et al., 2026). Selain itu, pengguna dapat mengakses informasi melalui Telegram tanpa harus dekat dengan kendaraan. Diharapkan bahwa metode ini akan membantu pemilik kendaraan mengetahui lebih banyak tentang kondisi kendaraan mereka dan bagaimana mereka harus bertindak jika ada indikasi tindakan kriminal (Yar et al., 2021). Deteksi otomatis menggunakan sensor ultrasonik, pengambilan gambar menggunakan ESP32-CAM, pelacakan lokasi menggunakan GPS Neo-6M, dan pengiriman data melalui Telegram adalah fitur utama sistem (Nizam et al., 2022). Sistem keamanan yang dibutuhkan untuk mencegah dan memberikan informasi setelah kondisi tidak normal terdeteksi adalah bagian dari urgensi penelitian. Sistem keamanan yang hanya mengirimkan alarm lokal memiliki batasan ketika pemilik kendaraan berada jauh darinya atau ketika terjadi tindak kriminal saat kendaraan sedang bergerak (Baek et al., 2021). Akibatnya, menggunakan teknologi Internet of Things adalah alternatif untuk membangun sistem monitoring yang lebih fleksibel (Setiawan et al., 2021). Metode eksperimen dan prototyping digunakan dalam penelitian ini untuk memungkinkan desain, implementasi, pengujian, dan evaluasi sistem secara bertahap. Pengujian juga memeriksa indikator kinerja seperti jarak deteksi sensor, waktu respons sistem, akurasi lokasi GPS, dan keberhasilan pengiriman notifikasi (Kh et al., 2026).

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan menerapkan sistem monitoring keamanan kendaraan berbasis Internet of Things menggunakan ESP32-CAM, sensor ultrasonik, GPS Neo-6M, dan Telegram Bot API (Syahfitri, 2025). Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kemampuan sistem untuk mendeteksi objek, mengumpulkan dokumentasi visual, mengetahui lokasi kendaraan, dan mengirimkan informasi keamanan kepada pengguna secara otomatis (Margapuri & Neilsen, n.d.). Pengembangan prototipe sistem keamanan menunjukkan kontribusi penelitian. Ini menggabungkan tugas deteksi, dokumentasi, pelacakan, dan notifikasi ke dalam satu sistem dan memungkinkan evaluasi kinerja sistem berdasarkan data hasil pengujian (Paramytha et al., 2026). Hasil penelitian diharapkan dapat menawarkan solusi yang lebih murah dan mudah digunakan untuk meningkatkan keamanan kendaraan bermotor. Selain itu, hasil ini akan membantu dalam pengembangan penerapan Internet of Things pada sistem keamanan kendaraan.

METODE

Dalam penelitian ini, kami menggunakan dua variabel independen dan dependen untuk menilai kinerja sistem monitoring keamanan kendaraan berbasis Internet of Things (IoT). Jarak objek ke sensor ultrasonik adalah variabel independen, dan keberhasilan deteksi objek dan waktu respons sistem adalah variabel dependen. Dalam proses pengujian, jarak objek digunakan sebagai variabel independen yang diberikan secara terkontrol. Pengujian dilakukan pada jarak yang berbeda, yaitu 15 cm, 30 cm, 50 cm, 100 cm, dan 120 cm. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi kemampuan sensor ultrasonik untuk menemukan objek pada jarak yang berbeda. Keberhasilan deteksi objek adalah variabel dependen pertama, yang menunjukkan seberapa baik sensor ultrasonik mendeteksi objek pada setiap jarak pengujian. Data biner menunjukkan keberhasilan deteksi: "Ya" menunjukkan deteksi berhasil dan "Tidak" menunjukkan deteksi tidak berhasil. Faktor dependen kedua adalah waktu respons sistem, yang merupakan waktu yang dibutuhkan antara objek terdeteksi dan notifikasi Telegram dikirim. Pengukuran waktu respons digunakan untuk mengukur kecepatan sistem dalam memproses hasil deteksi, mengumpulkan dokumentasi visual, mengumpulkan informasi lokasi, dan mengirimkan informasi kepada pengguna.

Oleh karena itu, hubungan antarvariabel dalam penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut: jarak objek sebagai variabel independen mengukur pengaruh yang dimilikinya terhadap keberhasilan deteksi, sedangkan waktu respons sistem sebagai variabel dependen. Untuk mengetahui karakteristik kinerja sistem pada setiap variasi jarak, data hasil pengujian kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif.

Tabel 1. Hubungan Variabel Penelitian

Jenis Variabel	Variabel	Indikator	Satuan
Independen X	Jarak Objek	Jarak Objek dari sensor ultrasonik	Cm
Dependen (Y1)	Keberhasilan Deteksi	Objek terdeteksi/ Tidak terdeteksi	Ya/Tidak
Dependen (Y2)	Waktu Respons	Waktu sejak deteksi hingga notifikasi diterima	detik

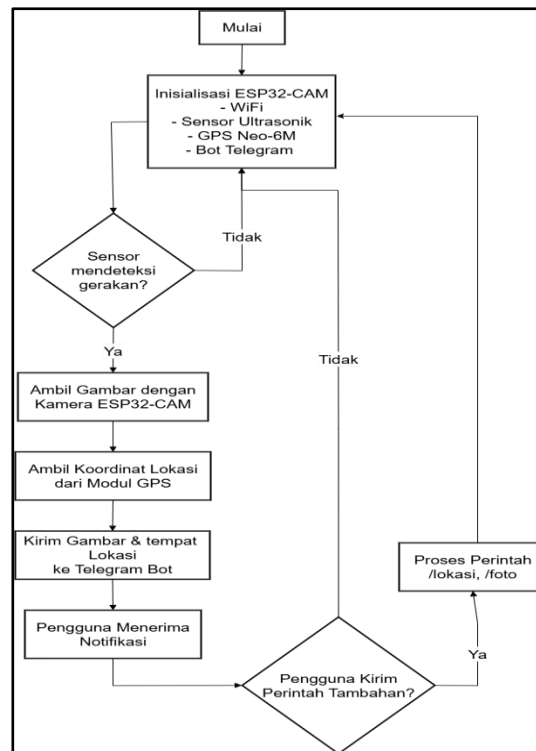
Langkah-langkah untuk mengimplementasikan sistem monitoring keamanan kendaraan menggunakan ESP32 CAM dan sensor ultrasonic, serta mengirim notifikasi melalui aplikasi Telegram.

Tahap kesatu adalah implementasi sistem. Di sini, ESP32-CAM diaktifkan dan diatur untuk menghubungkan sensor ultrasonik HC-SR04, kamera OV2640, modul GPS Neo-6M, dan jaringan Wi-Fi. Setelah seluruh perangkat dihidupkan, sistem berada dalam kondisi "standby" untuk mengamati objek di sekitar kendaraan. Ketika sensor ultrasonik mendeteksi objek pada jarak tertentu, ESP32-CAM memicu kamera OV2640 untuk mengambil gambar. Pada saat yang sama, modul GPS Neo-6M Setelah hasil deteksi, gambar, dan informasi lokasi diproses dan dikirimkan kepada pengguna melalui API Telegram Bot, sistem tetap memantau objek yang tidak terdeteksi. Implementasi sistem dilakukan dengan beberapa "skenario kondisi lingkungan dan jaringan". Skenario pencahayaan dibagi menjadi kondisi "terang" dan "gelap", masing-masing menunjukkan lingkungan dengan pencahayaan yang cukup, sedangkan kondisi "gelap" menunjukkan kemampuan sistem untuk menghasilkan dokumentasi visual ketika intensitas cahaya lingkungan rendah. Untuk mengetahui apakah perubahan pencahayaan memengaruhi proses pengambilan gambar dan pengiriman informasi, pengujian pada kedua kondisi tersebut dilakukan dengan jarak objek yang telah ditentukan. Pengujian juga mempertimbangkan kondisi pencahayaan dan "kestabilan jaringan Wi-Fi". Pada kondisi "jaringan stabil", sistem diuji ketika koneksi internet dapat digunakan secara normal untuk mengirimkan foto, koordinat GPS, dan notifikasi Telegram. Pada kondisi "jaringan tidak stabil", pengujian dilakukan ketika kualitas koneksi mengalami gangguan atau perubahan, sehingga dapat diamati perubahan waktu respons dan keberhasilan pengiriman data. Setiap skenario diklasifikasikan berdasarkan keberhasilan deteksi objek, pengambilan gambar, pengiriman lokasi GPS, penerimaan notifikasi Telegram, dan waktu respons sistem.

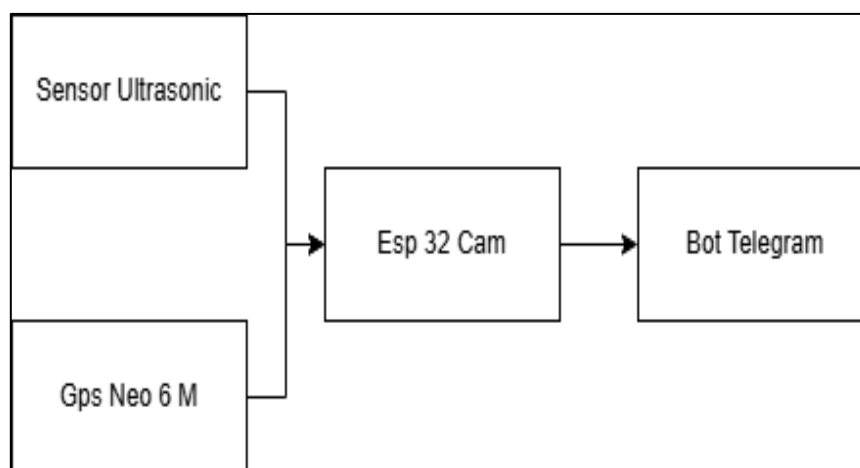
Tahap kedua adalah pengujian dan evaluasi sistem. Ini menguji kinerja sensor ultrasonik, kamera OV2640, modul GPS Neo-6M, dan API Telegram Bot. Variabel independen penelitian adalah "jarak objek terhadap sensor ultrasonik", sedangkan variabel dependennya adalah "keberhasilan deteksi objek dan waktu respons sistem." Jarak yang diuji adalah 15 cm, 30 cm, 50 cm, 100 cm, dan 120 cm.

Selain itu, pengujian dilakukan pada berbagai kondisi jaringan dan pencahayaan. Yang pertama adalah terang dengan jaringan stabil; yang kedua adalah terang dengan jaringan tidak stabil; yang ketiga adalah gelap

dengan jaringan stabil; dan yang keempat adalah gelap dengan jaringan tidak stabil. Pada setiap skenario, hasil deteksi objek, kualitas gambar, keberhasilan pengiriman koordinat GPS, keberhasilan penerimaan notifikasi Telegram, dan waktu respons dicatat. Data kemudian digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam berbagai kondisi jaringan dan lingkungan. Analisis deskriptif kuantitatif dilakukan dengan membandingkan hasil tes pada setiap variasi jarak, kondisi pencahayaan, dan kondisi jaringan. Hasil pengujian digunakan untuk menentukan batas kemampuan deteksi sensor dan perubahan kinerja sistem ketika kondisi pencahayaan dan jaringan berubah. Waktu respons dihitung dari saat objek terdeteksi hingga notifikasi yang diterima pengguna melalui Telegram.



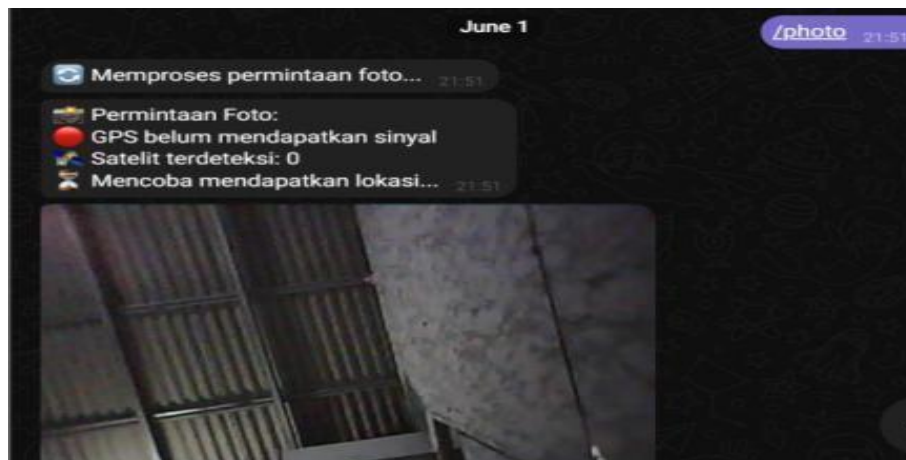
Gambar 1. Tahapan Penelitian Implementasi Sistem Keamanan Kendaraan Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM OV2640 Berbasis Internet of Things IoT



Gambar 2. Diagram Alur IoT

Tahap penelitian ini, sistem menampilkan tahapan operasional sistem keamanan kendaraan berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang menggunakan ESP32-CAM OV2640, sensor ultrasonik, modul GPS Neo-6M, dan aplikasi Telegram. Proses inisialisasi perangkat adalah titik awal proses kerja sistem, yang diikuti oleh proses koneksi jaringan dan pembacaan sensor, yang berfungsi sebagai dasar pengambilan keputusan sistem. Pada tahap awal, ESP32-CAM mengaktifkan komponen yang terhubung, yang termasuk sensor

ultrasonik, kamera OV2640, modul GPS Neo-6M, dan koneksi Wi-Fi. Setelah semua komponen berfungsi dengan baik, sistem berada pada kondisi standby untuk memantau lingkungan kendaraan. Pada tahap berikutnya, sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi objek di area pemantauan kendaraan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi objek dari jarak 100 cm dan menganggapnya sebagai kondisi yang memerlukan respons.



Gambar 3. Tangkapan objek foto pada telegram

Jika objek berada dalam jangkauan deteksi, sistem menganggapnya sebagai kondisi yang memerlukan respons, dan sebaliknya, jika tidak ada objek yang terdeteksi, sistem melanjutkan pemantauan. Sampai jarak 120 cm, objek tidak lagi terdeteksi oleh sensor. ESP32-CAM mengaktifkan proses pengambilan gambar dengan kamera OV2640 ketika objek terdeteksi. Cirta memberikan informasi visual tentang objek di sekitar kendaraan. Pada saat yang sama, modul GPS Neo-6M memberikan informasi koordinat kepada sistem. ESP32-CAM kemudian memproses data visual dan lokasi dan mengirimkannya kepada pengguna melalui koneksi Internet. Selanjutnya, informasi dikirim melalui aplikasi Telegram. Pengguna menerima notifikasi dari sistem yang berisi informasi tentang kondisi deteksi, gambar tangkapan kamera, dan lokasi kendaraan. Selain itu, aplikasi Telegram memiliki beberapa perintah yang dapat digunakan untuk berinteraksi dengan sistem, seperti "foto" untuk mengambil foto, "flash" untuk mengaktifkan pencahayaan, "lokasi" untuk mendapatkan informasi lokasi, "status" untuk melihat kondisi sistem, dan "restart" untuk melakukan pemuatan ulang sistem. Setiap fungsi sistem telah diuji menggunakan skenario pengujian. Untuk menganalisis hasil pengujian secara kuantitatif, nilai rata-rata (mean), standar deviasi, dan akurasi (%) digunakan. Nilai rata-rata menunjukkan waktu respons rata-rata sistem, sedangkan standar deviasi menunjukkan tingkat variasi waktu respons pada setiap pengujian. Akurasi digunakan untuk menentukan tingkat keberhasilan deteksi objek dan pengiriman notifikasi dibandingkan dengan jumlah pengujian keseluruhan. Persamaan berikut digunakan untuk menghitung akurasi:

$$\text{Akurasi (\%)} = (\text{Jumlah pengujian berhasil} / \text{Jumlah seluruh pengujian}) \times 100\% \quad (1)$$

Metode ini menunjukkan keberhasilan deteksi dengan memastikan bahwa fungsi sistem berjalan sesuai rencana. Itu juga menghasilkan nilai numerik yang dapat digunakan untuk menilai secara objektif kinerja sistem. Jarak yang diuji adalah 15 cm, 30 cm, 50 cm, 100 cm, dan 120 cm, maka Akurasi = $(4 / 5) \times 100\% = 80\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa mekanisme pemantauan keamanan kendaraan telah diciptakan melalui integrasi ESP32-CAM OV2640, sensor ultrasonik, modul GPS Neo-6M, dan API Bot Telegram. Mekanisme ini memiliki kemampuan untuk mendeteksi objek, membuat dokumentasi visual, mengumpulkan informasi lokasi, dan mengirimkan informasi kepada pengguna secara jarak jauh. Pengujian sensor ultrasonik menunjukkan bahwa objek dapat ditemukan pada jarak 15 cm, 30 cm, 50 cm, dan 100 cm, tetapi tidak dapat ditemukan pada jarak 120 cm. Oleh karena itu, dari lima titik pengujian jarak, empat di antaranya berhasil; dengan demikian, tingkat keberhasilan deteksi berdasarkan skenario ini mencapai 80%. Tingkat keberhasilan ini merupakan tingkat keberhasilan pada titik jarak tertentu dan belum dapat dianggap sebagai akurasi sensor secara keseluruhan. Hasilnya menunjukkan bahwa jarak objek adalah salah satu komponen penting yang menentukan keberhasilan sistem deteksi. Sensor ultrasonik menggunakan gelombang ultrasonik untuk

mengukur jarak antara objek dan sensor. Ketika objek berada dalam jangkauan kerja yang tepat, hasil pembacaan sensor dapat memicu ESP32-CAM untuk melakukan proses selanjutnya, seperti mengambil gambar dan mengirimkan data melalui jaringan. Sebaliknya, dalam skenario pengujian ini, sensor tidak mendeteksi objek pada jarak 120 cm. Akibatnya, proses dokumentasi dan penyebaran informasi tidak dimulai. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa ketika sistem ditempatkan pada kendaraan dengan area pemantauan yang lebih luas, batas jangkauan deteksi harus dipertimbangkan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor tidak hanya digunakan untuk mengukur tetapi juga merupakan bagian dari proses pengambilan keputusan sistem. Metode integrasi ini sejalan dengan penelitian mengenai sistem keamanan kendaraan berbasis IoT yang menggabungkan ESP32-CAM, sensor ultrasonik, dan Telegram untuk mendeteksi aktivitas mencurigakan dan mengirimkan informasi visual kepada pengguna. Metode ini memicu kamera, mendapatkan koordinat GPS, dan mengirimkan informasi melalui Telegram kepada pengguna. Menurut penelitian lain, memungkinkan pemantauan kendaraan dari jarak jauh juga dapat dilakukan dengan menggabungkan aplikasi komunikasi, GPS, sensor deteksi, dan ESP32. Waktu respons sistem juga penting. Menurut empat pengujian deteksi, waktu pengiriman notifikasi Telegram berkisar antara 4,2 dan 5,4 detik, dengan rata-rata 4,775 detik. Variasi waktu ini menunjukkan bahwa proses komunikasi tidak selalu berlangsung dalam waktu yang sama pada setiap pengujian. Perbedaan ini dapat dipahami karena waktu respons sistem IoT dipengaruhi oleh berbagai proses, seperti pembacaan sensor, pemrosesan pada ESP32-CAM, pengambilan gambar, pengambilan data lokasi, dan transmisi melalui jaringan ke Telegram. Oleh karena itu, waktu respons menunjukkan kinerja kedua mikrokontroler dan rantai komunikasi sistem secara keseluruhan. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian sebelumnya mengenai sistem keamanan kendaraan berbasis IoT yang menggunakan Telegram sebagai media komunikasi. Penelitian yang dilakukan oleh Isyanto dkk. menemukan bahwa sistem keamanan kendaraan yang menggunakan Telegram dan GPS dapat memberikan respons dalam hitungan detik serta memberikan informasi posisi kendaraan kepada pengguna. Sementara itu, penelitian lain mengenai sistem alarm kendaraan berbasis IoT juga menemukan bahwa waktu pengumpulan informasi posisi kendaraan adalah lebih lama daripada yang diharapkan. Arsitektur perangkat keras, mekanisme pemrosesan, media komunikasi, ukuran data yang dikirim, dan kondisi jaringan yang digunakan semuanya dapat memengaruhi perbedaan waktu respons antara penelitian. Dibandingkan dengan mekanisme peringatan yang hanya menunjukkan adanya gangguan, integrasi informasi lokasi dan visual meningkatkan fungsi keamanan. Sistem tidak hanya mengirimkan sinyal deteksi ke objek, tetapi juga mengambil gambar melalui kamera dan mengirimkan informasi lokasi melalui Telegram. Oleh karena itu, pengguna menerima berbagai jenis informasi untuk membantu mereka memahami kondisi kendaraan.

Penelitian juga menemukan metode integrasi seperti ini dalam sistem keamanan kendaraan berbasis IoT yang menggabungkan kamera, GPS, sensor deteksi, dan notifikasi melalui aplikasi komunikasi. Selain itu, hasil pengujian pengiriman gambar dan lokasi yang dilakukan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kedua percobaan berhasil mengirimkan gambar dan data GPS, dengan waktu pengiriman 5,1 dan 5,4 detik, dan waktu pengiriman rata-rata 5,25 detik. Temuan tersebut menunjukkan bahwa kedua kemampuan sensor untuk mendeteksi objek dan kemampuan komunikasi antar komponen mempengaruhi kinerja sistem. Dalam konteks Internet of Things (IoT), sistem monitoring dapat dikatakan terintegrasi jika proses sensing, pengolahan, komunikasi, dan presentasi dapat dilakukan secara bersamaan. Sensor ultrasonik bertanggung jawab atas tahap sensing, ESP32-CAM bertanggung jawab atas pemrosesan dan pengendalian, jaringan Wi-Fi dan Telegram berfungsi untuk berkomunikasi, dan hasil dikirim kepada pengguna dalam bentuk gambar, lokasi, dan notifikasi. Tetapi hasil penelitian juga menunjukkan bahwa sistem memiliki batasan. Kegagalan untuk mendeteksi pada jarak 120 cm menunjukkan bahwa jangkauan pengamatan belum mencakup jarak yang lebih jauh. Selain itu, pengujian yang tersedia untuk penelitian ini belum memberikan data kuantitatif tentang kinerja GPS berdasarkan kesalahan koordinat atau akurasi posisi dalam satuan meter. Oleh karena itu, diskusi tentang akurasi GPS dalam penelitian ini terbatas pada kesuksesan pengiriman informasi lokasi daripada akurasi posisi geografis.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa evaluasi GPS harus dilakukan dengan membandingkan koordinat hasil pembacaan dengan posisi referensi. Ini akan memungkinkan untuk menghitung error posisi secara kuantitatif. Selain itu, karena kedua kondisi tersebut tidak memiliki data hasil pengujian kuantitatif dalam naskah, hasil penelitian tidak dapat digunakan untuk menentukan dampak kondisi pencahayaan dan kestabilan jaringan. Oleh karena itu, variasi kondisi terang dan gelap serta jaringan stabil dan tidak stabil dapat ditambahkan. Pengujian ini dapat digunakan untuk mengukur perubahan dalam tingkat keberhasilan deteksi, waktu respons, keberhasilan pengiriman gambar, dan keberhasilan pengiriman lokasi dalam berbagai kondisi.

Secara keseluruhan, temuan penelitian menunjukkan bahwa kontribusi utama sistem terletak pada integrasi berbagai fungsi keamanan dalam satu prototipe, seperti deteksi objek, dokumentasi visual, informasi lokasi, dan notifikasi jarak jauh. Sistem tidak hanya menunjukkan bahwa ada objek di sekitar kendaraan, tetapi juga memberikan informasi tambahan yang dapat digunakan pengguna untuk memantau dari jarak jauh. Dengan demikian, temuan penelitian menunjukkan bahwa sistem memiliki kemampuan untuk memberikan informasi

Tabel 2. Pengujian Bot Telegram dan ESP-32 Cam

No	Aktivitas Pengujian	Realisasi yang diharapkan	Hasil Pengujian
1	/Start	Memulai Bot	Berhasil
2	/photo	ESP32-CAM mengambil foto secara manual dan presisi	Berhasil
3	/flash	ESP32 CAM menyalakan flash pada camera	Berhasil
4	/location	ESP32 CAM mengirimkan lokasi secara akurat	Berhasil
5	/status	Membaca sistem dapat berjalan dengan baik	Berhasil
6	/restart	Merestart perangkat pada ESP-32Cam	berhasil

Pengujian dilakukan di area terbuka untuk memastikan modul GPS dapat menerima sinyal dengan baik. Data lokasi yang diperoleh akan dikirimkan ke Telegram, memberikan informasi terkini tentang posisi alat. Sistem diuji untuk mengirimkan gambar hasil tangkapan ESP32 CAM dan lokasi kendaraan melalui layanan Telegram. Pengujian dilakukan dengan memicu sistem (gerakan terdeteksi) lalu mencatat apakah gambar dan data lokasi terkirim serta waktu delay dari terdeteksinya gerakan sampai notifikasi atau gambar diterima di Telegram.

Tabel 3. Pengujian Pengiriman Gambar dan Lokasi

No	Gerakan Terdeteksi	Gambar Terkirim	Lokasi GPS Terkirim	Delay Pengiriman (detik)
1	Ya	Ya	Ya	5. 1
2	Ya	Ya	Ya	5. 4

Berdasarkan hasil perhitungan, sistem memiliki rata-rata waktu pengiriman sebesar 5, 25 detik dengan variasi waktu respon sebesar $\pm 0, 15$ detik. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem bekerja secara konsisten.

Tabel 4. Pengujian Jarak Sensor Ultrasonik

No	Jarak Objek (cm)	Terdeteksi (Ya/Tidak)	Waktu Notifikasi ke Telegram (detik)
1	15	Ya	4. 2
2	30	Ya	4. 6
3	50	Ya	4. 9
4	100	Ya	5. 4
5	120	Tidak	-

Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mendeteksi objek hingga jarak 100 cm. Objek yang berada lebih dari 100 cm, seperti pada jarak 120 cm, tidak lagi terdeteksi.

SIMPULAN

Simpulan studi ini mengembangkan prototipe sistem keamanan kendaraan berbasis Internet of Things yang mengintegrasikan ESP32-CAM OV2640, sensor ultrasonik, modul GPS Neo-6M, dan Telegram sebagai media komunikasi. Dengan integrasi ini, sistem dapat mendeteksi objek, mengumpulkan gambar, mengetahui lokasi kendaraan, dan menyampaikan notifikasi secara jarak jauh.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik dapat mendeteksi objek dari jarak 100 cm, tetapi tidak dapat mendeteksi objek dari jarak 120 cm. Pengiriman notifikasi Telegram membutuhkan waktu 4,2–5,4

detik, dengan rata-rata 4,775 detik dan standar deviasi $\pm 0,45$ detik. Hasil pengujian fungsi Telegram dan black-box juga menunjukkan bahwa fitur utama sistem dapat berjalan sesuai dengan desain.

Dengan demikian, Penelitian selanjutnya harus berkonsentrasi pada pengukuran keandalan dan jangkauan deteksi yang lebih baik, pengujian kestabilan jaringan dengan berbagai kondisi pencahayaan, dan pengukuran akurasi koordinat GPS menggunakan posisi referensi. Selain itu, ada kemungkinan bahwa integrasi kecerdasan buatan (AI) dapat digunakan untuk mengidentifikasi lebih akurat objek atau aktivitas yang berkaitan dengan keamanan kendaraan. Ini akan memungkinkan sistem untuk tidak hanya menanggapi keberadaan objek tetapi juga membedakan kondisi yang memerlukan perhatian. Dengan mempertimbangkan keamanan data pribadi, keamanan penyimpanan data, dan persetujuan penggunaan data biometrik, pengembangan fitur Face Recognition juga dapat dipertimbangkan. Pengujian kuantitatif terhadap akurasi pengenalan, tingkat kesalahan deteksi, waktu pemrosesan, dan kinerja sistem dalam berbagai kondisi harus disertakan dengan pengembangan ini. Dengan pengembangan ini, sistem diharapkan dapat menjadi platform keamanan kendaraan berbasis IoT yang lebih responsif terhadap kebutuhan pemantauan keamanan secara jarak jauh yang lebih fleksibel dan percaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, R., Gunawan, D. A., Amelia, D. S., Sultan, U., Tirtayasa, A., Raya, J. C., Serang, K., & Serang, K. (2026). *Pengaplikasian Gelombang Elektromagnetik dan Nanopartikel Dielectric dalam Peningkatan Pemulihan Minyak*. 4(1).
- Ananto, H. D., Pramudya, A., Ramadani, O., Radifan, G. Y., & Prasetyo, H. T. (2025). *Sistem Pendeteksi Gerakan Berbasis Sensor Ultrasonik Sebagai Bel Rumah*. 795–802.
- Baek, J., Kanampiu, M. W., & Kim, C. (2021). *applied sciences A Secure Internet of Things Smart Home Network: Design and Configuration*.
- H, M. R., & Nurhayati, S. (2026). *Evaluasi Pengujian Penerimaan Pengguna (User Acceptance Testing) Pada Sistem Informasi Official Website Universitas Muslim Indonesia Makassar*. 4(1), 1–12.
- Herly, T., Samosir, H., & Hidayat, I. (n.d.). *Perancangan Sistem Monitoring Volume Air Dengan Sensor Ultrasonic HC-SR04 Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno*. 10(1), 84–90.
- Iskandar, K. I., Suhayati, M., & Santika, D. (2026). *Perancangan Antarmuka Chatbot Akademik Akademik Berbasis Prinsip UI / UX Menggunakan Figma*. (April).
- Kh, U., Hasbullah, A. W., Jl, A., No, G., & Timur, J. (2026). *Implementasi Internet of Things Berbasis ESP32 dan Blynk untuk Monitoring Mikroklimat Ruang Hunian*. 4(1), 616–621.
- Mahendra, K., Respati, Y., Marcella, A., & Vernanda, D. (2026). *SweetPine: Sistem Pemesanan Produk Olahan Nanas berbasis Website untuk Optimalisasi Layanan Penjualan*. 4(1), 13–24.
- Margapuri, V., & Neilsen, M. (n.d.). *PiBase: An IoT-based Security System Using Google Firebase and Raspberry Pi*.
- Nababan, L., & Sinambela, L. (2024). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Desa Terbaik Menggunakan Metode AHP (Analitic Hierarchy Proses) di Kecamatan Sidikalang. *Inventor: Jurnal Inovasi Dan Tren Pendidikan Teknologi Informasi*, 2(2), 82–90.
- Nizam, M., Yuana, H., Informasi, F. T., Islam, U., Blitar, B., & Switch, M. D. (2022). *MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI ALAT MONITORING PINTU BERBASIS WEB*. 6(2), 767–772.
- Nur, A., Ridwan, S., Disa, R., Rachma, T., Andryanto, L. N., Tio, A., Syahrani, M., Taslim, M., Wardana, N. M., Jalan, A., No, S., & Kota, K. (2024). *Perancangan Blind Stick Berbasis ESP32 dengan Sensor Ultrasonik untuk Membantu Mobilitas Penyandang Tunanetra Universitas Siliwangi , Indonesia*. (4).
- Paramytha, N., Hanif, M., Studi, P., Elektro, T., Teknologi, F. S., & Darma, U. B. (2026). *Prototype Sensor Gesture untuk Monitoring Pengunjung dan Sensor Asap pada Smoking Room di Gedung Serbaguna Pengertian Pengelolaan Smoking room Ruang khusus merokok (smoking room) dirancang untuk membatasi penyebaran*. 4.
- Putra, R. S. B., Agustina, S. B., & Vernanda, D. (2024). Sistem Perhitungan Pemakaian Listrik Rumah Tangga Berbasis Android. *Inventor: Jurnal Inovasi Dan Tren Pendidikan Teknologi Informasi*, 2(2), 61–66.
- Setiawan, B., Siber, P., & Siber, P. (2021). *Securing Data Communication Through MQTT Protocol with AES-256 Encryption Algorithm CBC Mode on ESP32-Based Smart Homes*. 166–170.
- Syahfitri, A. (2025). *Internet of Things (IoT), Sejarah , Teknologi , dan Penerapannya*.

- Taiwo, O. (2021). *Internet of Things-Based Intelligent Smart Home Control System*. 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9928254>
- Taufiqurrahman, I., & Riyenti, A. (2026). *Rancang Bangun UI / UX Aplikasi Web Self-Ordering Menggunakan Metode Design Thinking (Studi Kasus: Ayam Geprek Bossque)*. 4(1), 47–55.
- Yar, H., Imran, A. S., Khan, Z. A., Sajjad, M., & Kastrati, Z. (2021). Towards Smart Home Automation Using IoT-Enabled Edge-Computing Paradigm. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(14). <https://doi.org/10.3390/s21144932>