



Implementasi IoT Smart-Alarm System sebagai Peringatan Dini Jalan Curam RW 7 Tegalsari

¹⁾Miftakhur Rahman, ²⁾Tegar Luqman Hakim, ³⁾Hilda Rahmah

^{1,2,3} Universitas Semarang

Email: miftah.khur.3@gmail.com



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

Keywords:

*Internet of Things,
Smart-Alarm
System, Steep
Road, ESP32,
Early Warning
System.*

Abstract

The steep road access in the Tegalsari area poses potential safety risks for road users, particularly under limited lighting conditions and low visibility. This situation not only increases vulnerability to traffic accidents but also affects the accessibility and mobility of the community, including Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) in conducting distribution activities and Cash on Delivery (COD) services. Addressing this issue requires an early warning system capable of providing automated, real-time information to enhance road users' safety and awareness. Based on these conditions, this community service activity aims to implement an IoT Smart-Alarm System as an Internet of Things (IoT)-based early warning system on steep road access to support MSME accessibility, specifically in RW 07, Tegalsari Village. The implementation method was carried out through several stages: site survey, community needs analysis, hardware and software system design, device installation, and direct field testing. The system was designed using an ESP32 microcontroller connected to an HC-SR04 ultrasonic sensor, a DFPlayer Mini, a speaker, and LED indicators. The sensor functions to detect the presence of vehicles passing through specific areas, which then triggers the system to automatically activate voice and light warnings to alert road users. Based on the implementation results, the system operates effectively in detecting vehicle objects. The application of this technology is expected to enhance road user safety, minimize accident risks on steep roads, and support the utilization of Internet of Things technology in developing smart technology-based communities.

Kata kunci:

*Internet of
Things, Smart-*

Abstrak

Kondisi akses jalan dengan tingkat kemiringan yang tinggi di wilayah Tegalsari memiliki potensi risiko

Alarm System,
Jalan Curam,
ESP32,
Peringatan Dini.

keselamatan bagi pengguna jalan, terutama pada kondisi pencahayaan yang terbatas dan jarak pandang yang rendah. Situasi tersebut tidak hanya meningkatkan kerentanan terhadap kecelakaan lalu lintas, tetapi juga memengaruhi aksesibilitas dan mobilitas masyarakat, termasuk pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) dalam menjalankan aktivitas distribusi dan layanan Cash on Delivery (COD). Permasalahan ini memerlukan solusi berupa sistem peringatan dini yang mampu memberikan informasi secara otomatis dan real-time guna meningkatkan keamanan serta kewaspadaan pengguna jalan. Berdasarkan hal tersebut, kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mengimplementasikan IoT Smart-Alarm System sebagai sistem peringatan dini berbasis Internet of Things (IoT) pada akses jalan curam untuk menunjang aksesibilitas UMKM, khususnya di RW 07 Kelurahan Tegalsari. Metode pelaksanaan dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu survei lokasi, analisis kebutuhan masyarakat, perancangan sistem perangkat keras dan perangkat lunak, pemasangan alat, serta pengujian sistem secara langsung di lapangan. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor ultrasonik HC-SR04, DFPlayer Mini, speaker, dan LED indikator. Sensor berfungsi mendeteksi keberadaan kendaraan yang melintas pada area tertentu, kemudian sistem akan mengaktifkan peringatan suara dan cahaya secara otomatis sebagai tanda kewaspadaan bagi pengguna jalan. Berdasarkan hasil implementasi, sistem mampu beroperasi dengan baik dalam mendeteksi objek kendaraan. Penerapan teknologi ini diharapkan dapat membantu meningkatkan keselamatan pengguna jalan, meminimalkan risiko kecelakaan pada jalan curam, serta mendukung pemanfaatan teknologi Internet of Things dalam pengembangan lingkungan masyarakat berbasis teknologi pintar.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) pada era digital saat ini memberikan dampak dalam berbagai bidang, termasuk pada aspek keamanan dan keselamatan lingkungan masyarakat (Jarot Dian Susatyono et al., 2025). Teknologi IoT memungkinkan suatu perangkat bekerja secara otomatis melalui integrasi sensor, mikrokontroler, dan sistem peringatan real-time (Ovid et al., 2025). Pemanfaatan teknologi tersebut mulai banyak diterapkan untuk membantu menyelesaikan berbagai

permasalahan di lingkungan masyarakat, khususnya yang berkaitan dengan sistem monitoring dan peringatan dini (Fadlika et al., 2022).

Salah satu kondisi yang menjadi perhatian ditemukan pada akses jalan di wilayah RW 7 Tegalsari yang memiliki kontur curam dan cukup berbahaya bagi pengguna jalan (Anzarullah K et al., 2026). Berdasarkan hasil observasi lapangan, jalan tersebut memiliki tingkat risiko kecelakaan yang cukup tinggi akibat kondisi tanjakan dan turunan yang tajam, minim penerangan, serta keterbatasan jarak pandang bagi pengendara (Muhammad Samhan et al., 2025). Situasi tersebut semakin berisiko ketika kondisi jalan licin atau saat malam hari. Pada saat pelaksanaan survei lokasi, penulis sempat mengalami kendala ketika melintasi area tersebut dan hampir terjatuh akibat kondisi jalan yang kurang aman. Pengalaman tersebut menjadi latar belakang munculnya ide untuk merancang sebuah sistem peringatan dini berbasis teknologi yang dapat membantu meningkatkan kewaspadaan pengguna jalan (Salpina et al., 2025).

Beberapa penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa sensor ultrasonik dan mikrokontroler berbasis IoT dapat dimanfaatkan sebagai sistem deteksi objek dan monitoring otomatis secara real-time (Supriadi et al., 2025). Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan kendaraan, sedangkan mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali yang terhubung dengan perangkat output berupa speaker dan lampu indikator (Ryan Dwi Ramadhan et al., 2025). Teknologi tersebut dinilai efektif karena mampu bekerja otomatis, memiliki biaya implementasi yang relatif sedang, serta mudah diterapkan pada lingkungan masyarakat (Multazam et al., 2024).

Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mengimplementasikan IoT Smart-Alarm System sebagai sistem peringatan dini navigasi pada akses jalan curam di wilayah RW 7 Tegalsari (Hasibuan & Asih, 2025). Penerapan sistem ini diharapkan dapat membantu meningkatkan keselamatan pengguna jalan, mengurangi potensi kecelakaan, serta mendukung pemanfaatan teknologi berbasis IoT dalam menciptakan lingkungan masyarakat yang lebih aman dan adaptif terhadap perkembangan teknologi (Ryan Dwi Ramadhan et al., 2025).

METODE

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini menggunakan pendekatan implementasi teknologi berbasis Internet of Things (IoT) melalui tahapan observasi, perancangan, pemasangan, serta pengujian sistem secara langsung di lingkungan masyarakat (Amri et al., 2026; Wahyu et al., 2025). Kegiatan dilaksanakan di wilayah RW 7 Tegalsari yang memiliki akses jalan curam dan berpotensi menimbulkan risiko kecelakaan bagi pengguna jalan. Metode ini bertujuan untuk menghasilkan sistem peringatan dini yang mampu bekerja secara otomatis dan real-time dalam meningkatkan kewaspadaan Masyarakat.

Tahap awal kegiatan dilakukan melalui observasi lapangan dan identifikasi permasalahan pada lokasi pengabdian (Albab et al., 2024; Amri et al., 2026). Pada tahap

ini dilakukan survei kondisi jalan, tingkat pencahayaan, serta analisis potensi risiko kecelakaan yang terjadi pada area jalan curam. Hasil observasi menunjukkan bahwa kondisi jalan memiliki tingkat bahaya cukup tinggi, terutama pada malam hari dan saat kondisi jalan licin.

Tahap berikutnya adalah perancangan sistem IoT Smart-Alarm System yang terdiri dari mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, DFPlayer Mini, speaker, dan LED indikator. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan kendaraan yang melintas pada area tertentu. Data deteksi kemudian diproses oleh ESP32 untuk mengaktifkan peringatan suara dan lampu indikator secara otomatis sebagai bentuk peringatan dini bagi pengguna jalan (Az Zikri et al., 2026; Rochadi et al., 2022).

Setelah proses perancangan selesai, dilakukan pemasangan perangkat pada lokasi pengabdian serta pengujian sistem secara langsung. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi kendaraan (Ajhar Atsari & Pratama, 2025; Siregar Abraar Syafiq M et al., 2024; Wibowo & Asfarin Ajrun Adhim, 2025). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik dan stabil dalam memberikan peringatan dini kepada pengguna jalan pada akses jalan curam di wilayah RW 7 Tegalsari (Hayat et al., 2026; Mujib ridwan et al., 2025).



Gambar 1. Alur Sistematis Pelaksanaan Kegiatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Sistem

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang berfokus pada penerapan *IoT Smart-Alarm System* di wilayah RW 7 Tegalsari berhasil merealisasikan sebuah perangkat peringatan dini berbasis *Internet of Things* yang mampu mengidentifikasi pergerakan kendaraan secara otomatis melalui keluaran audio dan indikator cahaya.

Perangkat ini digerakkan oleh mikrokontroler ESP32 yang disinergikan dengan sensor ultrasonik HC-SR04 serta modul audio DFPlayer Mini. Pemasangan alat dilakukan secara langsung pada titik kritis akses jalan curam yang memiliki kerawanan kecelakaan tinggi akibat kontur medan yang ekstrem serta keterbatasan jarak pandang pengendara. Visualisasi dari proses instalasi perangkat di lokasi target disajikan pada Gambar berikut:



Gambar 2. Implementasi IoT Smart-Alarm System untuk jalan curam

Mekanisme kerja alat ini bertumpu pada sensor ultrasonik yang diposisikan menghadap ke arah jalur perlintasan guna mendeteksi objek berdasarkan fluktuasi jarak. Ketika terdapat kendaraan yang melintas dalam radius jangkauan yang ditentukan, ESP32 secara instan akan memicu alarm suara dan menyalakan lampu LED guna memberikan peringatan dini bagi pengguna jalan. Uji keandalan perangkat dilakukan dengan mengamati kecepatan respons sistem secara langsung saat kendaraan melintas di zona deteksi. Berdasarkan serangkaian simulasi tersebut, seluruh parameter fungsionalitas sistem terbukti mampu beroperasi secara *real-time*, cepat, dan stabil. Data komprehensif mengenai hasil evaluasi kinerja komponen mekanis ini dirangkum pada Tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Deteksi Kendaraan

Parameter Pengujian	Kondisi Uji	Hasil Observasi	Keterangan
Deteksi Sensor Ultrasonik1	Jarak 0-400 cm	Stabil dan akurat	Berfungsi baik
Deteksi Sensor Ultrasonik 2	Jarak 0-200 cm	Terdeteksi pada jarak ≤ 200 cm	Berfungsi baik
Respon ESP32	Real-time	<1 detik	Sangat cepat
Output suara Led Kuning	Saat objek terdeteksi Sensor 1 aktif	Aktif otomatis Menyala otomatis pada jarak ≤ 400 cm	Berfungsi baik
Led Merah	Sensor 2 aktif	Menyala otomatis pada jarak ≤ 200 cm	Berfungsi baik

Proteksi Anti Parkir	Objek diam >5 detik	Sensor mengabaikan objek	Berfungsi baik
Proteksi Anti Spam	Bunyi >20 kali	Sistem block 1 menit	Berfungsi baik
Stabilitas Sistem	30 menit pengujian	Tidak terjadi eror	Stabil

Hasil yang ditampilkan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT mampu mendukung keselamatan berkendara pada kondisi jalan yang memiliki tingkat risiko tinggi. Integrasi sensor ultrasonik dengan mikrokontroler ESP32 menghasilkan sistem deteksi otomatis yang mampu merespons objek dengan waktu tunda yang sangat singkat, serta mampu mendeteksi objek dan memberikan peringatan dini. Hasil ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang telah membuktikan kehandalan sensor ultrasonik dalam mendeteksi objek pada jarak tertentu, serta kemampuan ESP32 dalam mengolah data secara langsung (Latief Naufal Andryanto et al., 2024). Kombinasi kedua komponen tersebut menghasilkan sistem perangkat keras yang andal untuk diterapkan sebagai instrumen pengaman di lingkungan jalan.

Lebih lanjut, penggunaan modul DFPlayer Mini yang dikombinasikan dengan speaker terbukti signifikan dalam menstimulasi refleks kewaspadaan para pengendara. Secara psikologis, sinyal berbasis audio dinilai lebih intuitif dan cepat dipahami oleh indra manusia dibandingkan stimuli yang hanya mengandalkan aspek visual, terutama saat melintasi medan jalan yang gelap. Kehadiran lampu LED indikator pada alat ini bertindak sebagai penguat (reinforcement) informasi visual, sehingga keberadaan sistem peringatan ini menjadi lebih informatif dan mudah dikenali dari kejauhan.

Berdasarkan hasil observasi pasca-pemasangan, karakteristik jalan di RW 7 Tegalsari yang terjal dan minim penerangan memang sangat membutuhkan instrumen teknologi tambahan demi menekan angka kecelakaan. Penerapan IoT Smart-Alarm System ini terbukti mampu mengubah perilaku berkendara warga menjadi lebih berhati-hati saat mendekati tikungan atau turunan curam. Kendati demikian, sistem penunjang keselamatan ini masih memiliki keterbatasan teknis berupa ketergantungan penuh pada jaringan listrik konvensional serta potensi penurunan akurasi sensor akibat faktor cuaca seperti terpaan air hujan dan debu. Oleh karena itu, rekomendasi pengembangan ke depan perlu diarahkan pada integrasi sumber energi terbarukan melalui panel surya (solar panel) serta optimalisasi metode penyaringan (filtering) data untuk mereduksi risiko salah deteksi (false detection).

Jarak Pengujian Rintangan

Pengujian fungsionalitas jarak dilakukan secara intensif guna memvalidasi akurasi, sensitivitas, serta batas jangkauan deteksi sensor ultrasonik HC-SR04 terhadap pergerakan objek kendaraan di area turunan curam wilayah RW 07 Tegalsari. Karakteristik medan jalan yang ekstrem menuntut instrumen deteksi memiliki ketepatan pembacaan yang tinggi agar tidak memicu kegagalan sistem. Proses pengujian empiris ini dieksekusi secara bertahap dengan memvariasikan posisi spasial objek uji, dimulai dari jarak terdekat sebagai titik minimal hingga mencapai radius maksimum batas keterbacaan teoretis transduser sensor, yakni sebesar 400 cm. Metodologi tersebut bertujuan untuk mengukur persentase galat (error rate)

pembacaan sensor serta melihat konsistensi performa alat saat dihadapkan pada variasi dimensi kendaraan penunjang aktivitas distribusi UMKM, seperti sepeda motor dan mobil angkutan barang. Berdasarkan data pemantauan dan tabulasi hasil eksperimen di lapangan, sensor ultrasonik terbukti mampu memetakan fluktuasi jarak objek secara linear dan konsisten, di mana data pembacaan jarak tersebut kemudian diklasifikasikan ke dalam dua zona proksimitas peringatan utama berdasarkan tingkat urgensi keselamatan berkendara.

Pada rentang jarak longitudinal antara 201 cm hingga 400 cm, sistem secara otomatis mengategorikan kondisi lalu lintas ke dalam Zona Waspada yang bertumpu pada performa Sensor 1 sebagai pemantau lini pertama. Ketika transduser menerima pantulan gelombang ultrasonik (echo) dari kendaraan yang memasuki radius tersebut, mikrokontroler ESP32 akan langsung mengalkulasi waktu tempuh gelombang dan menerjemahkannya menjadi data jarak. Jika data berada pada rentang angka yang ditentukan, ESP32 secara instan menginstruksikan pin output digital untuk menyalakan indikator LED berwarna kuning yang dipasang pada titik strategis sebelum tikungan atau turunan tajam. Kehadiran stimulus visual berupa cahaya kuning ini secara psikologis didesain untuk menstimulasi refleks pengguna jalan agar segera mengurangi laju kecepatan kendaraan, memosisikan kaki pada pedal rem, dan meningkatkan kewaspadaan dini sebelum memasuki area rawan konflik lalu lintas.

Apabila kendaraan terus bergerak maju dan melewati ambang batas jarak sehingga menyentuh radius kritis kurang dari atau sama dengan 200 cm, sistem akan menggeser status keamanan secara instan ke dalam Zona Bahaya. Pada fase krusial ini, Sensor 2 bertindak sebagai pemantau lini kedua yang bekerja secara simultan untuk mendeteksi tingkat kedekatan objek yang berpotensi menimbulkan kecelakaan lalu lintas akibat keterbatasan jarak pandang (blind spot). Ketika parameter jarak kritis ini terpenuhi, mikrokontroler tidak hanya memicu luaran visual berupa aktivasi LED berwarna merah, melainkan juga mengaktifkan modul audio DFPlayer Mini untuk memutar berkas suara peringatan secara otomatis melalui pengeras suara (speaker) berdaya tinggi. Kombinasi intervensi dual-sensory antara visual dan audio pada jarak dekat ini sangat krusial, sebab memberikan penekanan informasi yang tegas bagi pengemudi dari dua arah berlawanan bahwa terdapat objek lain dalam jarak yang sangat dekat, sehingga tindakan pengereman darurat dapat segera dilakukan secara tepat.

Berdasarkan serangkaian pengujian berulang dengan berbagai variasi kecepatan objek melintas, hasil pengujian eksperimental ini membuktikan bahwa sensor memiliki tingkat presisi dan akurasi tinggi dengan nilai deviasi pembacaan yang sangat minimal. Perangkat ini juga diuji untuk mengukur batas limitasi deteksi terdekat (dead zone), di mana hasil observasi menunjukkan bahwa sensor tetap mampu memberikan performa pembacaan yang valid hingga jarak minimum di bawah 20 cm sebelum permukaan objek menyentuh fisik transduser. Kemampuan mendeteksi objek dalam rentang dinamis yang luas dari 20 cm hingga 400 cm mengonfirmasi bahwa algoritma filtering data yang ditanamkan pada program berhasil mereduksi

noise atau gangguan pantulan gelombang liar dari dinding sekitar jalan curam Tegalsari. Keandalan operasional ini memberikan jaminan bahwa tidak ada satu pun kendaraan melintas yang luput dari sistem pengawasan deteksi, sehingga fungsi IoT Smart-Alarm System sebagai instrumen pengaman lingkungan pintar dapat terpenuhi secara optimal untuk menunjang mobilitas masyarakat.

Respon Sistem

Efektivitas operasional dari IoT Smart-Alarm System sebagai instrumen preventif keselamatan lalu lintas sangat ditentukan oleh variabel intervensi waktu luaran peringatan (latency). Parameter krusial ini diukur secara komprehensif berdasarkan durasi waktu tunda (delay) yang dibutuhkan oleh unit pemroses sentral mikrokontroler ESP32 untuk mengeksekusi sinyal masukan analog dari sensor ultrasonik, hingga kemudian berhasil mentransformasikannya menjadi perintah digital untuk mengaktifkan indikator visual berupa Light Emitting Diode (LED) serta indikator audio melalui pengeras suara. Melalui serangkaian simulasi berkala dan pengujian waktu nyata (real-time) yang dilakukan secara langsung di lapangan saat berbagai jenis kendaraan melewati area pemantauan, arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak sistem ini memperlihatkan performa komputasi yang sangat cepat. Data log pengujian mencatat bahwa seluruh proses interaksi data, mulai dari pemancaran gelombang oleh sensor hingga timbulnya respons bunyi dan cahaya, berjalan dengan waktu tunda konsisten di bawah 1 detik (< 1 s). Akselerasi respon yang instan ini membuktikan bahwa konfigurasi jam internal (clock speed) ESP32 yang dikombinasikan dengan efisiensi penulisan baris kode program berhasil meminimalkan waktu tunggu pemrosesan data secara signifikan.

Karakteristik respon sistem yang berjalan tanpa hambatan ini menjadi parameter yang sangat vital bagi implementasi perangkat di lingkungan fisik yang sesungguhnya. Kondisi topografi wilayah RW 07 Kelurahan Tegalsari yang didominasi oleh turunan terjal, elevasi kemiringan jalan yang tinggi, serta kelokan tajam dengan jarak pandang terbatas (blind spot) secara mutlak menuntut adanya sistem peringatan dini yang andal dan terbebas dari kendala keterlambatan data (lag). Keterlambatan respon sekecil apa pun pada medan ekstrem seperti ini dapat berdampak fatal pada efektivitas sistem pengamanan. Dengan catatan waktu respon yang sangat singkat di bawah 1 detik tersebut, pengemudi dari dua arah berlawanan yang terhalang oleh dinding atau tikungan geografis dapat langsung menyadari kehadiran kendaraan lain dari jarak yang aman. Kecepatan transmisi informasi peringatan ini memberikan kontribusi besar dari aspek psikologis dan keselamatan berkendara, karena memberikan ruang dan waktu reaksi (reaction time) yang memadai bagi manusia untuk mengambil keputusan mekanis, seperti menekan tuas rem, mengontrol laju kendaraan pada turunan curam, serta meningkatkan kewaspadaan situasional. Melalui optimalisasi aspek respon sistem ini, integrasi teknologi Internet of Things terbukti secara konkret mampu mengubah manajemen risiko di titik rawan lalu lintas dan secara signifikan meminimalkan potensi timbulnya insiden kecelakaan lalu lintas bagi masyarakat sekitar.

Penggunaan Energi

Analisis komprehensif terhadap karakteristik konsumsi daya dilakukan secara mendalam untuk mengevaluasi efisiensi biaya operasional bulanan serta menjamin keberlanjutan fungsional perangkat dalam jangka panjang. Secara skematis dan arsitektural, seluruh komponen-komponen elektronik yang diintegrasikan ke dalam IoT Smart-Alarm System ini sengaja dipilih karena memiliki karakteristik kebutuhan daya yang sangat rendah (*low power consumption*). Unit pemroses utama berupa mikrokontroler ESP32, instrumen pengindraan sensor ultrasonik HC-SR04, modul pemutar audio DFPlayer Mini, hingga rangkaian lampu indikator LED secara keseluruhan beroperasi pada kluster tegangan rendah arus searah yaitu DC 5 Volt. Spesifikasi perangkat keras dengan konsumsi arus yang minimal ini menjadikan akumulasi total penggunaan energi harian dari sistem peringatan dini tersebut sangat ekonomis, efisien, dan ideal untuk diimplementasikan secara berkelanjutan sebagai fasilitas infrastruktur publik berbasis komunitas tanpa membebani anggaran domestik.

Pada fase realisasi pengabdian masyarakat saat ini, sistem pasokan energi utama untuk menggerakkan seluruh rangkaian instrumen masih bersumber secara konvensional dari jaringan listrik domestik arus bolak-balik (AC) milik pemukiman warga setempat. Aliran arus AC bertegangan tinggi tersebut kemudian ditransformasikan dan disalurkan menuju sistem mikrokontroler melalui komponen power supply terintegrasi guna menurunkan sekaligus menstabilkannya menjadi arus searah bertegangan rendah. Walaupun sistem kelistrikan ini tergolong hemat dan mudah dalam proses instalasi awalnya, ketergantungan penuh terhadap sumber daya listrik konvensional dari jaringan utama ini memunculkan kelemahan teknis yang cukup signifikan dari sisi mitigasi risiko. Hambatan operasional ini berupa kerentanan fungsional alat apabila sewaktu-waktu terjadi pemadaman aliran listrik berkala di wilayah geografis Kelurahan Tegalsari. Ketika pasokan arus dari jaringan terputus, sistem pengaman jalan curam ini secara otomatis akan mengalami kegagalan daya (*shutdown*) sementara waktu, yang berdampak pada hilangnya fungsi proteksi keselamatan bagi para pengendara di titik rawan tersebut.

Oleh sebab itu, berdasarkan hasil evaluasi penggunaan energi ini, direkomendasikan sebuah cetak biru pengembangan teknologi lebih lanjut berupa integrasi sistem suplai energi terbarukan yang bersifat mandiri dan terdesentralisasi (*off-grid system*). Pemanfaatan instrumen panel surya (*solar panel*) fotovoltaik berkapasitas memadai, yang disinergikan dengan unit penyimpanan daya berupa baterai cadangan (*battery storage*) serta *solar charge controller*, dapat menjadi solusi taktis dan strategis di masa depan. Pengembangan subsistem daya mandiri ini bertujuan untuk memutus ketergantungan alat pada pasokan listrik pemukiman, sekaligus menjamin kontinuitas serta stabilitas operasional IoT Smart-Alarm System secara terus-menerus selama 24 jam penuh di lapangan. Dengan demikian, sistem keselamatan jalan ini akan tetap berfungsi secara optimal dalam mendeteksi kendaraan penunjang distribusi UMKM meskipun dalam kondisi cuaca buruk maupun saat terjadi pemadaman listrik massal.

SIMPULAN

Pelaksanaan program pengabdian masyarakat melalui digitalisasi sistem keamanan berupa IoT Smart-Alarm System di jalur berkontur ekstrem RW 07 Kelurahan Tegalsari telah sukses mengonfirmasi pencapaian target luaran sebagai instrumen navigasi preventif yang adaptif dalam mereduksi angka kecelakaan lalu lintas. Melalui konstruksi analisis performa perangkat serta evaluasi perilaku sosial di lokasi target, implementasi teknologi Internet of Things (IoT) ini secara nyata berhasil merekayasa lingkungan pemukiman yang rawan menjadi zona mobilitas yang lebih aman melalui intervensi sistem peringatan dini berbasis multi-sensor otomatis secara real-time. Konstruksi pemikiran utama dari proyek ini membuktikan secara empiris bahwa pemanfaatan instrumen keselamatan publik tidak selamanya harus mengandalkan perbaikan infrastruktur berskala makro dengan anggaran yang tinggi. Sebaliknya, efektivitas proteksi wilayah dapat diakomodasi secara optimal melalui aplikasi sistem embedded berskala mikro yang efisien dari segi pembiayaan, namun memiliki kapabilitas komputasi yang tangguh serta memberikan dampak stimulan yang masif terhadap rekonstruksi budaya keselamatan (safety culture) komunitas lokal.

Ditinjau dari perspektif teoritis maupun aplikatif, program ini menawarkan kontribusi kebaruan ilmiah (novelty) yang esensial dalam konteks difusi ipteks pada level komunitas urban. Proyek ini memvalidasi bahwa sinkronisasi antara mekanisme penapisan jarak objek otomatis dan stimulasi luaran audio-visual mampu memengaruhi kondisi psikologis pengendara secara positif, khususnya ketika menavigasi kendaraan pada koridor jalan terjal dengan keterbatasan jarak pandang. Keberhasilan operasional perangkat ini sekaligus mengukuhkan sebuah model tata kelola keselamatan lingkungan berbasis pemukiman cerdas (smart neighborhood) yang mandiri dan berbiaya rendah di tingkat rukun warga. Meskipun demikian, hasil pengujian jangka panjang memberikan rekomendasi teknis mengenai urgensi transisi sistem daya menuju integrasi panel surya (solar panel) dan optimasi algoritma penapisan data untuk mereduksi fluktuasi kinerja akibat faktor cuaca serta ketergantungan pada power supply konvensional. Secara menyeluruh, fungsionalitas sistem ini tidak hanya mengurai problem distribusi logistik bagi UMKM setempat, melainkan juga memformulasikan kerangka metodologis dan praktis dalam merancang arsitektur mitigasi bencana transportasi yang berkelanjutan pada kawasan urban dengan karakteristik topografi serupa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajhar Atsari, D., & Pratama, U. (2025). *RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM PERINGATAN DINI PINTU PERLINTASAN OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO DAN INTERNET OF THINGS (IoT)*. <http://digilib.ptdisttd.ac.id/id/eprint/10307>
- Albab, U., Darpono, R., & Qirom, Q. (2024). Peningkatan Pengetahuan Pembuatan IoT Menggunakan Mikrokontroler Esp8266 di SMK Peristek Pangkah. *Jurnal*

- Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 4(3), 513–516.
<https://doi.org/10.52436/1.jpmi.2588>
- Amri, U., Widyawarman, D., Kamal Ramadhan, R., Teknologi Rekayasa elektro-medis, J., & PGRI Yogyakarta, U. (2026). *Sistem Monitoring Jarak Dengan Sensor Ultrasonik Hc-Sr04* (Vol. 1, Number 1). <https://doi.org/doi.org/10.31316/emdj.v1i1.9742>
- Anzarullah K, Husain T, & Rudy Donny Likliwatil. (2026). Rancang Bangun Sistem Deteksi Kendaraan pada Tikungan Berbasis Sensor PIR dan Ultrasonik. *Dipaneegara Komputer Teknologi Informatika*, 17(2), 152–162. <https://doi.org/10.36774/dipakomti.v17i2.2233>
- Az Zikri, M. Z., Apdilah, D., Azhari, D. T., & Kusniadi, H. (2026). Implementasi Alat Pendeteksi Pencuri Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dan Sensor Magnet untuk Keamanan Rumah. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 4(3), 19436–19441. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i3.5075>
- Fadlika, I., Afandi, A. N., Gumilar, L., Andriansyah, M. R., Mistakim, E., Fakhri, A. S., & Gunawan, M. R. (2022). Application of the Internet of Things (IoT) based digital platform for “Peduli, Keamanan, dan Ketertiban” (PEKERTI). *Abdimas: Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Merdeka Malang*, 7(1), 56–66. <https://doi.org/10.26905/abdimas.v7i1.5803>
- Hasibuan, A. Z., & Asih, M. S. (2025). Smart Neighborhood Alert System Berbasis IoT dan Aplikasi Android untuk Meningkatkan Respons Warga terhadap Kejadian Darurat. *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Informasi (JUKTISI)*, 4(2), 1461–1468. <https://doi.org/10.62712/juktisi.v4i2.700>
- Hayat, R. T., Siahaan, A. B., Ifanuel Rumapea, Y., Suryanto, E. D., & Saragi, D. P. (2026). RANCANG BANGUN PROTOTYPE SISTEM PERINGATAN DINI KENAikan AIR SUNGAI DAN POTENSI LONGSOR BERBASIS IOT. *Jurnal Sains Student Research (JSSR)*, 4(2), 355–369. <https://doi.org/10.61722/jssr.v4i2.9502>
- Jarot Dian Susatyo, Febryantahanuji Febryantahanuji, & Arsito Ari Kuncoro. (2025). Pengembangan Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT dengan Deteksi Intrusi Real-Time Menggunakan Sensor PIR dan Kamera, serta Notifikasi Otomatis melalui Aplikasi Mobile. *Jurnal Publikasi Ilmu Komputer Dan Multimedia*, 4(2), 30–41. <https://doi.org/10.55606/jupikom.v4i2.3856>
- Latief Naufal Andryanto, Azmi Nur Shidiq Ridzwan, Rachel Disa Talitha Rachma, Acep Tio, Muhammad Syahrhan Mawarid Taslim, & Nabil Muflih Wardana. (2024). Perancangan Blind Stick Berbasis ESP32 dengan Sensor Ultrasonik untuk Membantu Mobilitas Penyandang Tunanetra. *Uranus : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains Dan Informatika*, 2(4), 264–272. <https://doi.org/10.61132/uranus.v2i4.543>
- Muhammad Samhan, A., Joko Supriyanto, D., & Muhammad Isa Al’Azzam, M. (2025). Simulasi Sistem Peringatan Dini Berbasis Sensor Gerak Ultrasonik Untuk Pencegahan Pencurian. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Bisnis*, 629–634. <https://doi.org/10.47701/8p7nx247>
- Mujib ridwan, B. aji alfarizy, Misbah, & Yoedo Ageng Suryo. (2025). PERANCANGAN SISTEM PERINGATAN UNTUK PENGENDARA SEPEDA MOTOR BERDASARKAN KECEPATAN DAN DETAK JANTUNG BERBASIS ESP32. *E-Link: Jurnal Teknik Elektro Dan Informatika*, 20(1), 81–88. <https://doi.org/10.30587/e-link.v20i1.10091>
- Multazam, T., Ita Erliana, C., Zulfia, A., Fuadi, W., & Irwansyah, D. (2024). Pelatihan Penggunaan Alat Internet Of Things (IoT) (Teuku Multazam, dkk. *Jurnal Malikussaleh Mengabdi*, 3(2), 2829–6141. <https://doi.org/10.29103/jmm>

- Ovid, A., Efri Yandani, & Asril. (2025). Prototype Sistem Pemantauan Tinggi Muka Air Berbasis Esp32 Untuk Sistem Pringatan Dini Banjir Melalui Telegram. *JEKIN - Jurnal Teknik Informatika*, 5(3), 1081–1089. <https://doi.org/10.58794/jekin.v5i3.1634>
- Rochadi, A., Supriyanto, E., Suharjono Bambang, A., Sumarsono, E., Ajeng, R., Jurusan, R., Elektro, T., Semarang, N., & Semarang, J. S. (2022). *SISTEM MONITORING KEAMANAN GARASI DENGAN NODEMCU ESP32 BERBASIS WEB*. <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/Sentrikom/article/view/3845>
- Ryan Dwi Ramadhan, M., Veri Nashrudin, A., Laili Eka Putri, N., Feri Andriansyah, D., & Fauzani, J. (2025). DETEKSI KEBAKARAN DINI BERBASIS ESP32 SEBAGAI UPAYA MITIGASI RISIKO KEBAKARAN MASYARAKAT DI KELURAHAN DARMO. *Cahaya Ilmu Bangsa*, 7. <https://doi.org/10.9765/Krepa.V218.3784>
- Salpina, S., Suppa, R., & Muhallim, M. (2025). PROTOTYPE SISTEM KEAMANAN RUMAH PINTAR BERBASIS IOT. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5782>
- Siregar Abraar Syafiq M, Usman Kurniawan U, & Astuti S. (2024). *Pengembangan Sistem Parkir Pintar Berbasis IoT Menggunakan ESP32, Sensor Ultrasonik HC-SR04, dan OLED Display*. 11. <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/24577>
- Supriadi, S., Purnamawati, Rahmah, U., Supriadi, Muh. F., & Samad, P. (2025). Penerapan Sistem Keamanan Lingkungan Cerdas Berbasis Teknologi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 298–302. <https://doi.org/10.59562/abdimas.v3i2.10560>
- Wahyu, S., Purwalaksana, A. Z., Rismawati, E., Akbar, A. M., Syah, S. A., & Sutanto, B. L. (2025). Penerapan Sistem Monitoring Energi Surya Berbasis IoT di Kampung Langkop Desa Majalaya: Pemberdayaan Masyarakat dalam Optimalisasi Energi Terbarukan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Sains Dan Aplikasinya (JPMSA)*, 5, 2809–8153. <https://doi.org/10.21009/jpmsa.v5i2.59753>
- Wibowo, H., & Asfarin Ajrun Adhim, F. (2025). Sistem Pengawasan Perilaku Pengemudi Berbasis IoT Dengan Pemanfaatan LiDAR dan GPS Untuk Meningkatkan Keselamatan Berkendara. *Infotekmesin*, 16(2), 499–506. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v16i2.2823>