



## ***Innovation of a Real-Time Internet of Things-Based Traffic Sign Management System: Performance Evaluation Based on Data Transmission Response Time and GPS Location Detection***

### **Inovasi Sistem Manajemen Rambu Lalu Lintas *Real-Time* Berbasis *Internet of Things*: Evaluasi Kinerja Berdasarkan Waktu Respons Transmisi Data dan Deteksi Lokasi GPS**

**Raka Pratindy<sup>1\*</sup>, Unggul Utami<sup>2</sup>, Feby Ayu Winesti<sup>3</sup>,  
Bani Illiyun<sup>4</sup>, Ryandi Syahputra Diaz<sup>5</sup>, Zain Ad Dienusy Syamil<sup>6</sup>**

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Program Sarjana Terapan, Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif,  
Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan Tegal, Indonesia

E-Mail: <sup>1</sup>raka@pktj.ac.id, <sup>2</sup>utamiunggul47@gmail.com, <sup>3</sup>febyayuwinesty@gmail.com,  
<sup>4</sup>iyunpati@gmail.com, <sup>5</sup>ryandidiaz06@gmail.com, <sup>6</sup>zainadinu03@gmail.com

Received May 20th 2026; Revised Jul 06th 2026; Accepted Aug 13th 2026; Available Online Aug 15th 2026

Corresponding Author: Raka Pratindy

Copyright © 2026 by Authors, Published by Institut Riset dan Publikasi Indonesia (IRPI)

#### **Abstract**

*Traffic safety remains a critical issue in areas with inadequate static road signs, which can increase driver confusion and the risk of accidents. This study aims to design an Internet of Things (IoT)-based Automatic Traffic Sign System that delivers real-time, adaptive traffic information. The system was developed using a Raspberry Pi 3B+ as the main controller, integrated with an LED dot-matrix display, Firebase, the Google Maps API, and an Android application. The study employed the Research and Development (R&D) method, covering analysis, system design, hardware assembly, programming, and system testing. The evaluation results showed an average data transmission response time of 5.8 seconds and a GPS location detection time of 11.6 seconds. The system accurately displayed speed-limit information and directional signs within a detection radius of 10–30 meters. These findings demonstrate that the IoT-based system is technically feasible for supporting flexible, adaptive, and responsive traffic sign management. The novelty of this study lies in the comprehensive integration of Raspberry Pi 3B+, LED dot matrix, Firebase, Google Maps API, and an Android application into a geofencing-based adaptive traffic sign system. Testing at five coordinate points also demonstrated consistent system performance and its potential for further development through the integration of traffic sensors and artificial intelligence.*

**Keywords:** *IoT Adaptive Signage System, Raspberry Pi, Real-time LED Visualization, Road Safety Geofencing*

#### **Abstrak**

Keselamatan lalu lintas tetap menjadi isu kritis pada wilayah dengan keterbatasan rambu jalan statis yang dapat meningkatkan kebingungan pengemudi dan risiko kecelakaan. Penelitian ini bertujuan merancang Sistem Rambu Lalu Lintas Otomatis berbasis Internet of Things (IoT) untuk menyampaikan informasi lalu lintas secara real-time dan adaptif. Sistem dikembangkan menggunakan Raspberry Pi 3B+ sebagai pengendali utama yang terintegrasi dengan LED dot matrix, Firebase, Google Maps API, dan aplikasi Android. Penelitian menggunakan metode Research and Development (R&D) yang meliputi analisis, perancangan, perakitan perangkat keras, pemrograman, dan pengujian sistem. Hasil evaluasi menunjukkan rata-rata waktu respons transmisi data sebesar 5,8 detik dan waktu deteksi lokasi GPS sebesar 11,6 detik. Sistem mampu menampilkan informasi batas kecepatan dan rambu arah secara akurat dalam radius deteksi 10–30 meter. Temuan tersebut menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT layak secara teknis untuk mendukung manajemen rambu yang fleksibel, adaptif, dan responsif terhadap kondisi jalan. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi Raspberry Pi 3B+, LED dot matrix, Firebase, Google Maps API, dan aplikasi Android dalam sistem rambu adaptif berbasis geofencing. Pengujian pada lima titik koordinat juga menunjukkan kinerja sistem yang konsisten serta berpotensi dikembangkan melalui integrasi sensor lalu lintas dan kecerdasan buatan.

**Kata Kunci:** *Geofencing Keselamatan Jalan, Raspberry Pi, Sistem Rambu Adaptif IoT, Visualisasi LED Real-Time*

## 1. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan salah satu aspek fundamental dalam kehidupan manusia yang berfungsi untuk memindahkan orang maupun barang dari satu tempat ke tempat lain secara efektif dan efisien. Seiring dengan perkembangan zaman, sistem transportasi mengalami transformasi yang signifikan, terutama sejak memasuki era digital yang ditandai dengan integrasi teknologi informasi dan komunikasi. Perkembangan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi mobilitas, tetapi juga menuntut adanya sistem pendukung keselamatan yang lebih canggih dan adaptif. Salah satu komponen penting dalam sistem transportasi adalah rambu lalu lintas yang berfungsi sebagai sarana komunikasi antara sistem jalan dan pengguna jalan [1]. Rambu lalu lintas memiliki peran strategis dalam menjaga ketertiban dan keselamatan berkendara melalui penyampaian informasi berupa peringatan, larangan, perintah, dan petunjuk kepada pengguna jalan. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009, rambu lalu lintas merupakan perlengkapan jalan yang memuat simbol, huruf, angka, maupun kalimat yang bertujuan mengatur arus lalu lintas secara sistematis [2]. Keberadaan rambu yang jelas dan mudah dipahami terbukti mampu menurunkan risiko kecelakaan serta meningkatkan kenyamanan berkendara. Namun demikian, efektivitas rambu sangat bergantung pada ketersediaan, kejelasan, serta kondisi lingkungan tempat rambu tersebut dipasang.

Permasalahan yang sering terjadi di lapangan adalah minimnya ketersediaan rambu lalu lintas di beberapa wilayah, khususnya di daerah yang belum memiliki infrastruktur transportasi yang memadai. Kondisi ini menyebabkan pengguna jalan kesulitan dalam memahami aturan yang berlaku, seperti batas kecepatan, titik pemberhentian, maupun area rawan kecelakaan. Dampaknya, risiko kecelakaan meningkat, terutama pada lokasi dengan visibilitas rendah atau minim penerangan. Contoh kasus yang terjadi di Jalan Raya Mentok–Pangkalpinang menunjukkan bahwa kurangnya rambu dan fasilitas pendukung seperti lampu jalan dapat memperparah kondisi keselamatan pengguna jalan [3]. Selain keterbatasan jumlah, sistem rambu lalu lintas konvensional juga dinilai kurang responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan, seperti cuaca ekstrem, kepadatan lalu lintas, maupun situasi darurat. Rambu statis tidak mampu memberikan informasi secara *real-time* kepada pengendara, sehingga diperlukan inovasi teknologi yang mampu mengatasi keterbatasan tersebut.

Dalam konteks ini, penerapan teknologi modern seperti *Internet of Things* (IoT) menjadi salah satu solusi yang potensial untuk menciptakan sistem transportasi yang lebih adaptif dan cerdas. *Internet of Things* (IoT) merupakan konsep yang memungkinkan perangkat untuk saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan internet secara *real-time* [4]. Penerapan IoT dalam sistem transportasi memungkinkan pengembangan rambu lalu lintas yang tidak hanya bersifat informatif, tetapi juga responsif terhadap kondisi lingkungan. Dengan dukungan sensor, jaringan komunikasi, serta sistem komputasi, rambu lalu lintas berbasis IoT dapat memberikan informasi secara dinamis kepada pengguna jalan sehingga mampu meningkatkan keselamatan dan efisiensi lalu lintas.

Dalam kajian teori, konsep rancang bangun sistem menjadi dasar dalam pengembangan teknologi ini. Rancang bangun merupakan proses perencanaan, perancangan, serta implementasi suatu sistem yang bertujuan untuk menghasilkan solusi sesuai kebutuhan pengguna [5], [6]. Selain itu, teknologi pendukung seperti Raspberry Pi berperan sebagai perangkat komputasi utama yang mampu mengolah data dan mengendalikan sistem secara efisien [7]. Integrasi dengan API, database, serta platform seperti Firebase memungkinkan sistem bekerja secara *real-time* dalam pengolahan dan penyimpanan data [8], [9]. Pengembangan sistem ini juga didukung oleh konsep otomasi yang bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap intervensi manusia serta meningkatkan efisiensi operasional [10]. Otomatisasi dalam sistem rambu lalu lintas memungkinkan penyampaian informasi secara cepat dan akurat berdasarkan kondisi aktual di lapangan. Selain itu, pemanfaatan teknologi tambahan seperti GPS dan aplikasi *mobile* memungkinkan pengguna menerima informasi lokasi dan kondisi lalu lintas secara langsung [11], [12].

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengembangan sistem berbasis teknologi untuk mendukung keselamatan lalu lintas telah banyak dilakukan. Pengembangan aplikasi berbasis *Location-Based Service* mampu memberikan informasi rambu lalu lintas kepada pengguna secara *real-time*. Pengembangan aplikasi pendeteksi rambu berbasis Android dengan konsep *context awareness* dan *geofencing* menunjukkan hasil valid dalam pengujian fungsionalitas sistem [13], [14]. Selain itu, dikembangkan sistem pengenalan rambu lalu lintas berbasis Raspberry Pi dan IoT yang mampu mendeteksi rambu dengan tingkat akurasi yang baik. Serta pengembangan sistem deteksi rambu berbasis *Optical Character Recognition* (OCR) telah dilakukan dan mendapatkan tingkat akurasi mencapai 85% [15]. Metode *Histogram of Oriented Gradient* (HOG) dan *Support Vector Machine* (SVM) mampu mendeteksi rambu pembatas kecepatan dengan rata-rata akurasi sebesar 86,08% [16], [17], [18].

Selain itu, beberapa penelitian terkini turut memperkuat relevansi pendekatan IoT pada manajemen lalu lintas adaptif yang membahas mengenai sistem lampu lalu lintas pintar yang adaptif dan dinamis untuk mengelola lalu lintas di persimpangan kota secara efektif, termasuk penanganan kendaraan darurat secara *real-time* [19]. Pada tingkat arsitektur yang lebih luas, sebuah kerangka kerja multiagen berbasis IoT untuk optimalisasi mobilitas perkotaan dipublikasikan yang menekankan pada pengelolaan lalu lintas adaptif lintas perangkat secara terkoordinasi [20]. Sejalan dengan itu, penelitian lain menggunakan kombinasi Raspberry Pi dan basis data *real-time* Firebase untuk mengirimkan keputusan kepadatan lalu lintas ke perangkat sinyal,

dengan mekanisme *failover* melalui aplikasi *web* berbasis IoT apabila terjadi gangguan perangkat keras pendekatan arsitektur yang sejalan dengan kombinasi Raspberry Pi–Firebase. Tinjauan sistematis terbaru juga mengonfirmasi bahwa konvergensi IoT, kecerdasan buatan, dan analitik prediktif terus mendorong transformasi sistem kendali lalu lintas adaptif menuju pengambilan keputusan *real-time* yang lebih efisien dan aman. Temuan-temuan ini memperkuat posisi penelitian ini sebagai bagian dari tren smart transportation berbasis IoT, sekaligus menegaskan ruang pengembangan lanjutan ke arah integrasi sensor dan kecerdasan buatan pada sistem rambu adaptif.

Meskipun berbagai penelitian tersebut telah menunjukkan hasil yang baik dalam hal deteksi dan pengenalan rambu, sebagian besar masih berfokus pada identifikasi visual dan belum mengintegrasikan sistem rambu yang bersifat otomatis dan adaptif terhadap kondisi lingkungan secara menyeluruh. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan lebih lanjut yang tidak hanya mampu mendeteksi, tetapi juga memberikan informasi secara langsung dan *real-time* kepada pengguna jalan melalui sistem yang terintegrasi. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun *Automatic Traffic Sign System* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memberikan informasi lalu lintas secara otomatis dan *real-time* kepada pengguna jalan. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan keselamatan, efisiensi, serta kenyamanan berkendara dengan menghadirkan rambu lalu lintas yang lebih cerdas, responsif, dan adaptif terhadap berbagai kondisi di lapangan. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi kontribusi dalam pengembangan sistem transportasi cerdas (*smart transportation*) di masa depan.

## 2. BAHAN DAN METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D), yaitu pendekatan yang berfokus pada proses perancangan, pengembangan, serta pengujian suatu produk guna mengetahui tingkat efektivitasnya. Penerapan metode ini dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahapan, dimulai dari identifikasi permasalahan, pengumpulan data melalui observasi, dokumentasi, dan studi literatur, hingga tahap perancangan sistem. Pada tahap pengembangan, peneliti merancang *Automatic Traffic Sign System* berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan perangkat keras seperti Raspberry Pi, LED Dot Matrix, modul komunikasi, serta perangkat lunak berupa aplikasi *mobile*, API, dan Firebase sebagai basis data *real-time*. Seluruh komponen tersebut diintegrasikan untuk menghasilkan sistem yang mampu mengolah dan menampilkan informasi lalu lintas secara otomatis dan dinamis. Diagram alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alur Penelitian

Selanjutnya, pada tahap implementasi dan pengujian, sistem yang telah dirancang diuji kinerjanya untuk memastikan fungsi dan keandalannya dalam kondisi nyata. Pengujian dilakukan dengan memanfaatkan data lokasi yang diperoleh dari GPS pada *smartphone*, kemudian diproses melalui API dan disimpan pada Firebase

untuk diakses oleh Raspberry Pi secara *real-time*. Output sistem ditampilkan melalui LED Dot Matrix dalam bentuk *running text* yang informatif. Evaluasi dilakukan dengan menganalisis kesesuaian antara hasil yang diperoleh dengan tujuan penelitian, baik dari aspek fungsionalitas, responsivitas, maupun efisiensi sistem. Dengan demikian, metode *Research and Development* (R&D) dalam penelitian ini tidak hanya menghasilkan produk berupa sistem rambu lalu lintas otomatis, tetapi juga memastikan bahwa sistem tersebut layak digunakan dan mampu berkontribusi dalam meningkatkan keselamatan serta efisiensi transportasi.

### 3. HASIL DAN ANALISIS

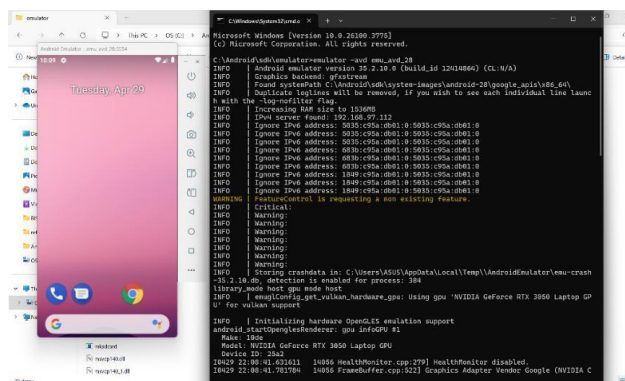
#### 3.1. Pembangunan Sistem

Hasil penelitian ini berupa sebuah sistem *Automatic Traffic Sign System* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu menampilkan informasi rambu lalu lintas secara otomatis berdasarkan lokasi pengguna. Sistem ini dibangun dengan mengintegrasikan perangkat keras berupa Raspberry Pi 3B+, LED Display (*running text*), modul relay, serta sumber daya aki, dengan perangkat lunak berupa aplikasi Android, Firebase, dan Google Maps API. Secara umum, sistem telah berhasil dikembangkan sesuai dengan rancangan awal, di mana alur kerja dimulai dari pengambilan data lokasi melalui *smartphone*, pemrosesan data di *cloud* (Firebase), hingga penampilan informasi pada LED Display secara *real-time*.

Pada tahap implementasi, sistem terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu pengembangan perangkat lunak (*software*) dan perakitan perangkat keras (*hardware*). Kedua bagian ini saling terintegrasi untuk menghasilkan sistem yang mampu bekerja secara otomatis dan responsif. Pengujian awal menunjukkan bahwa komunikasi data antarkomponen berjalan dengan baik, ditandai dengan keberhasilan pengiriman dan penerimaan data lokasi dari aplikasi Android ke Raspberry Pi melalui Firebase.

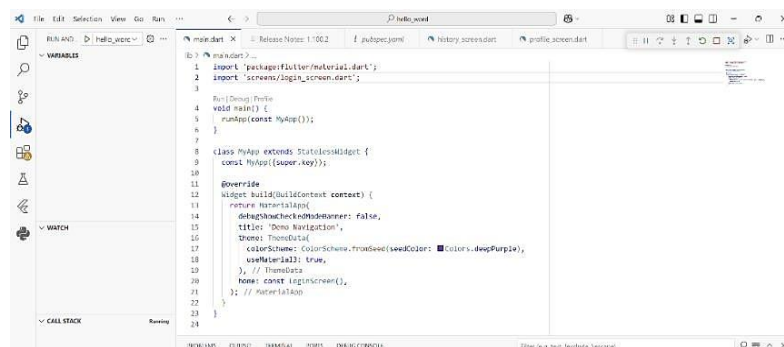
#### 3.2. Pemrograman Aplikasi

Pengembangan aplikasi Android dilakukan menggunakan Visual Studio Code dan Android Studio dengan memanfaatkan emulator sebagai media pengujian awal. Proses ini meliputi konfigurasi lingkungan pengembangan, pembuatan struktur folder, hingga menjalankan emulator Android untuk simulasi sistem.



Gambar 2. Menjalankan Aplikasi

Tahapan awal pengujian emulator ditunjukkan pada Gambar 1 yang memperlihatkan bahwa sistem virtual Android berhasil dijalankan sebagai media uji aplikasi sebelum diimplementasikan ke perangkat fisik. Selanjutnya, proses *debugging* dan pengujian aplikasi dilakukan melalui Visual Studio Code dengan fitur *Run and Debug*. Tahap ini sangat penting untuk memastikan bahwa logika program berjalan sesuai dengan yang dirancang. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 2 yang menunjukkan keberhasilan sistem dalam menjalankan aplikasi berbasis Flutter atau React Native.

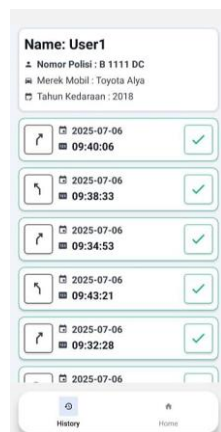


Gambar 3. Visual Code Menjalankan Run and Debug

Aplikasi ini memiliki beberapa komponen utama yang menjadi inti sistem. *Home Screen* berfungsi sebagai halaman utama untuk *monitoring* lokasi kendaraan secara *real-time*, dilengkapi dengan tampilan peta interaktif yang menampilkan posisi terkini pengguna (Gambar 3). Selain itu, aplikasi juga menyediakan fitur *History Screen* untuk melihat riwayat aktivitas, *Setting Screen* untuk pengaturan lokasi, *Profile Screen* untuk identitas pengguna, serta *Login & Register Screen* sebagai sistem autentikasi. Seluruh fitur telah berhasil diimplementasikan dan diuji. Aplikasi mampu menampilkan data lokasi secara *real-time*, mengelola data pengguna, serta memberikan notifikasi sesuai kondisi lokasi. Pada tahap akhir, aplikasi berhasil dibangun menjadi file APK yang siap diinstal pada perangkat Android. Tampilan aplikasi dapat dilihat pada Gambar 4.

### 3.3. Perakitan Alat

Pada tahap perakitan perangkat keras, sistem dirancang menggunakan konsep modular agar mudah dipindahkan dan digunakan di berbagai lokasi. Penyangga *portable* dibuat sebagai struktur utama untuk menopang seluruh komponen sistem. Proses perakitan ini ditunjukkan pada Gambar 5 yang memperlihatkan desain rangka yang kokoh dan fleksibel.

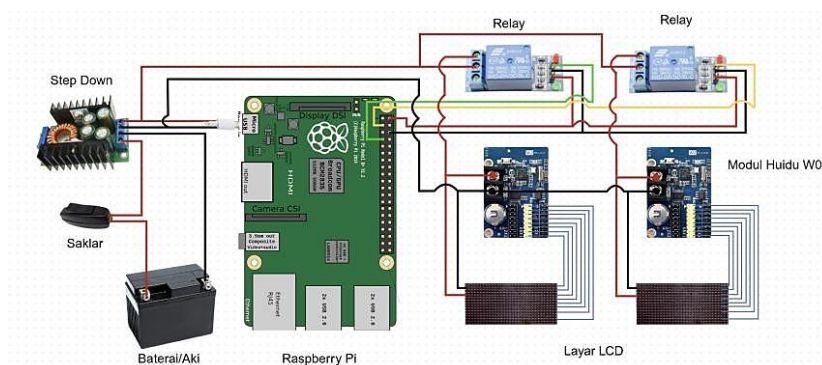


Gambar 4. Tampilan Aplikasi



Gambar 5. Perakitan Penyangga

Selanjutnya dilakukan perakitan sistem elektronik yang menghubungkan seluruh komponen utama seperti Raspberry Pi, *relay*, modul *step down*, dan LED Display. Skema hubungan antar komponen ditampilkan pada Gambar 6. Diagram ini menjadi bagian penting karena menjelaskan alur distribusi daya dan komunikasi antarperangkat.



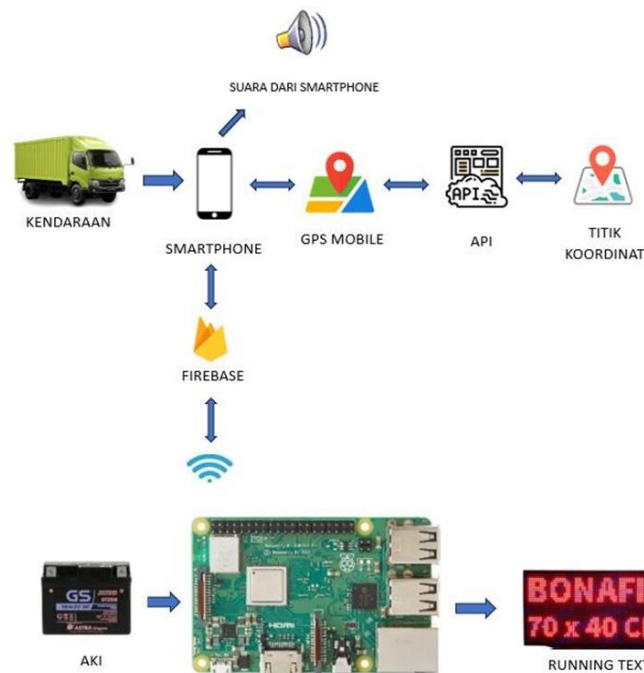
Gambar 6. Skema Diagram

Berdasarkan hasil perakitan, sistem mampu bekerja sesuai dengan rancangan, di mana Raspberry Pi berfungsi sebagai pusat pengendali yang mengolah data dari Firebase, kemudian mengirimkan perintah ke LED Display melalui *relay* dan modul Huidu W02. Penggunaan *step down converter* juga terbukti efektif dalam menstabilkan tegangan dari aki 12V menjadi 5V, sehingga seluruh komponen dapat bekerja dengan aman dan optimal.

### 3.4. Skema Kerja Alat

Sistem bekerja secara otomatis dimulai dari aktivasi perangkat, pengambilan data lokasi, pemrosesan data, hingga penampilan *output* pada LED Display. Proses ini berlangsung secara berulang dan *real-time*, sehingga sistem mampu memberikan informasi secara langsung kepada pengguna. Keunggulan utama sistem

ini terletak pada kemampuannya dalam mengintegrasikan berbagai teknologi, seperti GPS, API, *cloud database*, dan perangkat *embedded system*. Hal ini memungkinkan sistem untuk bekerja secara sinkron dan responsif terhadap perubahan lokasi pengguna. Skema Kerja Alat dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Skema Kerja Alat

### 3.5. Pengujian Respon Waktu dan Alat Rungging Text

Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan sistem untuk mendeteksi lokasi adalah 11,6 detik yang ditunjukkan pada Tabel 1. Waktu ini tergolong baik untuk sistem berbasis GPS dan IoT, mengingat adanya faktor eksternal seperti kondisi lingkungan dan kualitas sinyal. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara cukup cepat dalam mendukung kebutuhan *real time*.

**Tabel 1.** Pengujian Respon Waktu

| No | Titik Koordinat |           | Waktu Deteksi Menerima Lokasi |
|----|-----------------|-----------|-------------------------------|
|    | Lattitude       | Longitude |                               |
| 1  | -6.2097         | 106.5659  | 18 detik                      |
| 2  | -6.2096         | 106.5661  | 22 detik                      |
| 3  | -6.8706         | 109.1439  | 10 detik                      |
| 4  | -6.8708         | 109.1440  | 4 detik                       |
| 5  | -6.8708         | 109.1440  | 4 detik                       |

Hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa LED Display mampu menampilkan pesan secara otomatis ketika kendaraan berada dalam radius 10–30 meter dari titik lokasi. Waktu respons rata-rata sebesar 5,8 detik menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat responsivitas yang baik. Visual output sistem ditunjukkan pada Gambar 8 yang memperlihatkan bahwa informasi rambu berhasil ditampilkan dengan jelas. Hal ini membuktikan bahwa integrasi antara Raspberry Pi dan LED Display berjalan dengan optimal.

**Tabel 2.** Pengujian Alat Rungging Text (LED)Display

| No | Titik Koordinat |           | Jarak Muncul Notifikasi ke Running Text | Waktu Waktu Respon Running Text | Status Tampilan |
|----|-----------------|-----------|-----------------------------------------|---------------------------------|-----------------|
|    | Lattitude       | Longitude |                                         |                                 |                 |
| 1  | -6.2097         | 106.5659  | 5 meter                                 | 7 detik                         | “BELOK KIRI”    |
| 2  | -6.2096         | 106.5661  | 5 meter                                 | 7 detik                         | “BELOK KANAN”   |
| 3  | -6.8706         | 109.1439  | 23 meter                                | 5 detik                         | “BELOK KANAN”   |
| 4  | -6.8708         | 109.1440  | 21 meter                                | 5 detik                         | “BELOK KIRI”    |
| 5  | -6.8708         | 109.1440  | 22,7 meter                              | 5 detik                         | “BELOK KANAN”   |



Gambar 8. Rambu Belok Kiri dan Kanan

### 3.6. Pengujian Aplikasi Android

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 3, aplikasi mampu membaca lokasi secara *real time* dan memberikan notifikasi suara dengan baik. Waktu deteksi rata-rata sebesar 11,6 detik menunjukkan konsistensi dengan hasil pengujian sebelumnya. Fitur notifikasi berbasis lokasi juga berjalan efektif dalam meningkatkan kesadaran pengguna saat berkendara.

Tabel 3. Pengujian Aplikasi Android

| No | Titik Koordinat |           | Waktu Deteksi<br>Menerima Lokasi | Jarak Notifikasi Suara<br>Muncul | Keterangan         |
|----|-----------------|-----------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------|
|    | Lattitude       | Longitude |                                  |                                  |                    |
| 1  | -6.2097         | 106.5659  | 18 detik                         | 10,4 meter                       | Masih dalam radius |
| 2  | -6.2096         | 106.5661  | 22 detik                         | 10 meter                         | Masih dalam radius |
| 3  | -6.8706         | 109.1439  | 10 detik                         | 23 meter                         | Berfungsi normal   |
| 4  | -6.8708         | 109.1440  | 4 detik                          | 10 meter                         | Masih dalam radius |
| 5  | -6.8708         | 109.1440  | 4 detik                          | 22,7 meter                       | Berfungsi normal   |

### 3.7. Pengujian Koneksi Raspberry Pi ke Firebase

Pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil melakukan komunikasi dua arah antara Raspberry Pi dan Firebase yang ditunjukkan pada Tabel 4. Data lokasi dapat dikirim, disimpan, dan ditampilkan kembali pada aplikasi Android secara *real-time*. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa integrasi sistem *cloud* berjalan dengan baik dan stabil.

Tabel 4. Pengujian Koneksi Raspberry Pi ke Firebase

| No | Uji Coba                                       | Hasil    | Keterangan                                                              |
|----|------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Pembacaan Lokasi Google Maps oleh Raspberry Pi | Berhasil | Data terbaca dengan akurasi lokasi                                      |
| 2  | Pengiriman data ke Firebase                    | Berhasil | Dikirim melalui koneksi wifi dan diterima oleh server                   |
| 3  | Deteksi menerima lokasi                        | Berhasil | Menerima titik lokasi dengan waktu rata-rata 11,6 detik                 |
| 4  | Tampilan data pada aplikasi Android            | Berhasil | Muncul sesuai lokasi Google Maps API yang dikirim oleh Aplikasi Android |
| 5  | Notifikasi di Android berdasarkan lokasi       | Berhasil | Berfungsi sesuai radius (10-30 meter dari titik target)                 |

### 3.8. Diskusi dan Analisis

Waktu deteksi lokasi (11,6 detik) dan waktu respons transmisi data (5,8 detik) merupakan akumulasi latensi dari beberapa tahap proses yang berjalan berurutan, yaitu akuisisi sinyal GPS pada *smartphone*, pengiriman data melalui API ke Firebase, pengambilan data oleh Raspberry Pi, hingga tampilan instruksi pada LED Dot Matrix. Variasi waktu pada Tabel 1 dan Tabel 3 (4–22 detik) terutama dipengaruhi oleh tiga faktor: kualitas jaringan internet yang menentukan kecepatan transmisi data, akurasi dan kecepatan penguncian sinyal GPS yang bergantung pada kondisi lingkungan pengujian (bangunan, vegetasi, cuaca), serta beban komunikasi pada Firebase akibat frekuensi pembaruan dan jumlah permintaan data yang diproses secara bersamaan.

Dibandingkan dengan penelitian terdahulu, sistem berbasis geofencing dan context awareness [13] dan deteksi rambu berbasis Optical Character Recognition (OCR)/ Histogram of Oriented Gradients (HOG)-Support Vector Machine (SVM) [15] hanya berhenti pada notifikasi aplikasi atau identifikasi visual rambu, tanpa aktuasi fisik dan tanpa metrik waktu respons yang terukur. Penelitian *smart transportation* berbasis *Internet of Things* (IoT) lain, seperti sistem lampu lalu lintas adaptif dan kombinasi Raspberry Pi–Firebase untuk pengambilan keputusan kepadatan lalu lintas yang dibahas pada bagian Pendahuluan, juga tidak

melaporkan metrik waktu deteksi dan respons secara individual sebagaimana pada Tabel 1 dan Tabel 2. Keunggulan sistem ini terletak pada siklus tertutup (*closed-loop*) dari lokasi pengguna hingga aktuasi rambu fisik dengan waktu respons terukur rata-rata di bawah 12 detik, menjadikannya kontribusi yang melengkapi penelitian-penelitian IoT transportasi cerdas sebelumnya.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, sistem *Automatic Traffic Sign System* berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil dikembangkan dengan mengintegrasikan Raspberry Pi 3B+, LED Display, aplikasi Android, Google Maps API, dan Firebase. Sistem mampu bekerja secara otomatis dan *real-time* dalam mendeteksi lokasi serta menampilkan informasi rambu lalu lintas kepada pengguna. Hasil pengujian menunjukkan sistem memiliki kinerja yang stabil dengan rata-rata waktu respon 11,6 detik dan mampu memberikan notifikasi visual maupun suara pada radius 10–30 meter dari titik lokasi. Kinerja sistem dipengaruhi oleh kualitas jaringan internet, kondisi lingkungan, dan akurasi GPS, namun secara umum tetap berjalan dengan baik.

Integrasi perangkat keras dan perangkat lunak yang efektif menjadikan sistem lebih responsif, adaptif, dan efisien dibandingkan dengan rambu konvensional. Dengan kemampuan menyesuaikan kondisi lingkungan secara dinamis, sistem ini berpotensi dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan keselamatan dan pengelolaan lalu lintas berbasis teknologi. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengintegrasikan sensor lalu lintas tambahan (seperti sensor kepadatan kendaraan dan kamera) guna memperkaya data masukan sistem, menerapkan kecerdasan buatan untuk prediksi kondisi lalu lintas dan pengambilan keputusan rambu yang lebih adaptif, melakukan analisis kepadatan kendaraan secara *real-time*, serta menguji sistem pada skala kota dengan jumlah titik dan pengguna yang lebih luas untuk memvalidasi keandalan dan skalabilitasnya.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan atas dukungan, fasilitas, serta kesempatan yang telah diberikan sehingga kegiatan ini dapat terlaksana dengan baik. Semoga segala bentuk kerja sama dan kontribusi yang diberikan dapat terus menjadi inspirasi dalam menciptakan generasi yang unggul, disiplin, dan berintegritas di bidang transportasi jalan.

#### REFERENCES

- [1] N. K. Nur, P. R. Rangan, dan Mahyuddin, *Sistem Transportasi*. 2021.
- [2] H. M. Anggris, M. F., Ananta, M. T., & Az-zahra, "Rancang Bangun Aplikasi Augmented Reality Pengelolaan Rambu-Rambu Lalu Lintas Menggunakan Global Positioning System ( GPS ) pada Android," *J. Pengemb. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 8, no. 2, hal. 2892–2901, 2018.
- [3] P. Tawalujan, S. R. U. A. Sompie, dan P. D. K. Manembu, "Automatic Traffic Light System Based on Vehicle Queue Length with Image Processing," *J. Tek. Inform.*, vol. 19, no. 2, hal. 105–110, 2024.
- [4] L. Jokanan, J. W., Widodo, A., Kholis, N., & Rakhmawati, "Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase dan Aplikasi," *J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 11, hal. 47–55., 2022, doi: <https://doi.org/10.26740/jte.v11n1.p47-55>.
- [5] S. Prasetyo, K., & Suharyanto, "Rancang Bangun Sistem Informasi Koperasi Berbasis Web Pada Koperasi Ikitama Jakarta," *J. Tek. Komput.*, vol. 1, no. 5, hal. 119–126, 2019, doi: <https://doi.org/10.31294/jtk.v5i1.4967>.
- [6] A. T. Rauf, A., & Prastowo, "Rancang Bangun Aplikasi Berbasis Web Sistem Informasi Repository Laporan Pkl Siswa (Studi Kasus Smk N 1 Terbanggi Besar)," *J. Teknol. Dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 2, hal. 26, 2021.
- [7] J. W. Jolles, "Broad-scale applications of the Raspberry Pi: A review and guide for biologists," *Methods Ecol. Evol.*, vol. 9, no. 12, hal. 1562–1579, 2021, doi: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13652>.
- [8] H. Raharja, M. P., & Wijayanto, "Pengembangan Prototype Back-End Website Pelaporan Barang Hilang di PT. Presentologics Decoding Academy Indonesia," *J. Begawe Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 4, hal. 204–213, 2023, doi: <https://doi.org/10.29303/jbegati.v4i2.1078>.
- [9] R. Helma, W., Alam, H., Syafrawali, J. W., & Bangun, "Rancang Bangun Running Text Led Display Jadwal Waktu Sholat Berbasis Arduino Uno Sebagai Media Informasi," *J. Electr. Technol.*, vol. 2, no. 5, hal. 2502–3624, 2020.
- [10] M. Muhammad, T., & Munir, "Network Automation," *Eur. J. Technol.*, vol. 3, no. 7, hal. 23–42, 2023, doi: <https://doi.org/10.47672/ejt.1547>.
- [11] Y. Syazwani, C. J. N., Wahab, N. H. A., Sunar, N., Ariffin, S. H. S., Wong, K. Y., & Aun, "Indoor Positioning System: A Review," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 6, no. 13, hal. 477–490, 2022, doi: <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130659>.
- [12] P. A. Larasati, I., Yusril, A. N., & Zukri, "Early Warning Sistem Rambu Pembatas Kecepatan menggunakan Histogram Oriented Gradient dan Klasifikasi SVM berbasis Raspberry Pi," vol. 9, no. 5,

- hal. 4061–4068, 2021.
- [13] R. Kusumawati, N., & Inggi, “Prototype Sistem Pengendali Lampu Rumah Berbasis Mikrokontroler Menggunakan SMS,” *Simkom*, vol. 2, no. 6, hal. 95–103, 2022, doi: <https://doi.org/10.51717/simkom.v6i2.87>.
  - [14] A. H. Siahaan, M. A., Fanani, L., & Brata, “Pengembangan Aplikasi Pendeteksi Rambu Lalu Lintas pada Perangkat Bergerak dengan menerapkan Konsep Context Awareness dan Geofencing menggunakan Geofire berbasis Android,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 6, hal. 4154–4164, 2022.
  - [15] M. Bustanul Ilmi dan F. Utaminingrum, “Sistem Deteksi Dini Rambu Petunjuk Arah Otomatis berdasarkan Optical Character Recognition (OCR) berbasis Raspberry Pi,” vol. 5, no. 9, hal. 3636–3644, 2021.
  - [16] U. Kuma, N., Studi, P., Komputer, I., Matematika, F., Ilmu, D. A. N., Alam, P., & Pakuan, “Skripsi model sistem pengenalan rambu lalu lintas menggunakan raspberry pi berbasis internet of things,” 2024.
  - [17] F. Bustanul Ilmi, M., & Utaminingrum, “Sistem Deteksi Dini Rambu Petunjuk Arah Otomatis berdasarkan Optical Character Recognition (OCR) berbasis Raspberry Pi,” vol. 9, no. 5, hal. 3636–3644., 2021.
  - [18] N. Febrianti, F., Adi Wibowo, S., & Vendyansyah, “Implementasi Iot(Internet Of Things) Monitoring Kualitas Air Dan Sistem Administrasi Pada Pengelola Air Bersih Skala Kecil. JATI,” *J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 5, no. 1, hal. 171–178, 2021, doi: <https://doi.org/10.36040/jati.v5i1.3249>.
  - [19] A. Zerroug et al, “Adaptive and dynamic smart traffic light system for efficient management of regular and emergency vehicles at city intersection,” 2024.
  - [20] I. Mutambik, “IoT-Enabled Adaptive Traffic Management : A Multiagent Framework for Urban Mobility Optimisation,” hal. 1–30, 2025.