

SISTEM MANAJEMEN PANJANG ANTRIAN KENDARAAN PADA TRAFFIC LIGHT DI PERSIMPANGAN TRUSMI PLERED CIREBON

Linda Novita Juliyanti¹, Sokid², Khairul Anwarudin³

¹²³ Universitas Muhammadiyah Cirebon

Email : lindanovj@gmail.com, sokid@umc.ac.id, anwar@umc.ac.id

Korespondensi Author: sokid@umc.ac.id

ABSTRAKS

Kemacetan lalu lintas di persimpangan umumnya dipicu oleh sistem pengendalian lampu lalu lintas yang tidak adaptif, sehingga distribusi waktu tunggu kendaraan menjadi tidak merata dan memperburuk kepadatan arus. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem manajemen antrian kendaraan di persimpangan Trusmi Plered, Cirebon, dengan memanfaatkan Arduino Mega 2560 sebagai pengendali utama dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi panjang antrian pada setiap jalur. Sistem dirancang untuk memberikan prioritas pada jalur dengan antrian terpanjang, sehingga diharapkan mampu mengurangi tingkat kemacetan. Metode penelitian menggunakan pendekatan prototyping, yang meliputi tahapan identifikasi kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian, hingga evaluasi. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi antrian kendaraan secara real-time dan mengatur siklus lampu lalu lintas secara adaptif. Dengan demikian, implementasi prototipe ini berpotensi menjadi solusi alternatif dalam mengoptimalkan pengaturan lalu lintas di persimpangan perkotaan. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa integrasi mikrokontroler dan sensor jarak dapat meningkatkan efisiensi arus lalu lintas. Selain itu, sistem serupa telah terbukti mendukung konsep intelligent transportation system (ITS) yang menjadi arah pengembangan transportasi cerdas di berbagai negara.

Kata kunci: Sistem lampu lalu lintas adaptif, Arduino Mega 2560, Sensor ultrasonik, Smart Traffic Light

ABSTRACT

Traffic congestion at intersections is often triggered by non-adaptive traffic light control systems, resulting in unequal vehicle waiting times and increased traffic density. This study focuses on developing a vehicle queue management system for the Trusmi Plered intersection in Cirebon, utilizing the Arduino Mega 2560 as the primary controller and ultrasonic sensors to detect the queue length in each lane. The system prioritizes lanes with the longest queues, aiming to reduce congestion and improve traffic flow efficiency. The research employed a prototype-based development method, which encompassed requirements analysis, system design, hardware and software implementation, testing, and evaluation. Experimental results demonstrated that the system successfully detected vehicle queues in real-time and adaptively adjusted traffic light cycles. Thus, this prototype has the potential to serve as an alternative solution for optimizing traffic light management in urban intersections. The findings confirm that integrating microcontrollers with distance sensors can significantly enhance traffic flow efficiency. Furthermore, similar systems have supported the development of Intelligent Transportation Systems (ITS), which are increasingly adopted worldwide to address urban mobility challenges.

Keywords: Adaptive traffic light system, Arduino Mega 2560, Ultrasonic sensor, Smart Traffic Light

I. Pendahuluan

Perkembangan teknologi telah memberikan banyak manfaat bagi kehidupan manusia, tetapi juga memunculkan berbagai permasalahan baru, salah satunya adalah kemacetan lalu lintas yang semakin kompleks di kawasan perkotaan. Persimpangan jalan merupakan titik rawan kemacetan karena menjadi pusat pertemuan arus kendaraan dari berbagai arah. Kondisi ini terlihat jelas di persimpangan Trusmi Plered, Cirebon, yang kerap mengalami antrean kendaraan cukup panjang terutama pada jam-jam sibuk. Faktor penyebabnya antara lain aktivitas angkutan umum, pertokoan, serta keberadaan pedagang kaki lima di sekitar area jalan.

Sistem pengaturan lampu lalu lintas konvensional yang masih menggunakan waktu tetap (*fixed time*) tidak mampu menyesuaikan diri dengan perubahan volume kendaraan yang dinamis. Akibatnya, distribusi waktu tunggu tidak seimbang: ada jalur yang mengalami antrean panjang, sementara jalur lain relatif lebih lengang. Hal ini berdampak pada peningkatan kemacetan dan pemborosan waktu serta bahan bakar kendaraan (Zulfikar et al., 2011).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan sebuah sistem pengaturan lalu lintas yang adaptif terhadap kondisi riil di lapangan. Penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem manajemen antrian kendaraan berbasis Arduino Mega 2560 dan sensor ultrasonik, yang mampu mendeteksi panjang antrean di setiap lajur. Sistem ini dirancang agar dapat memberikan prioritas waktu lampu hijau lebih lama pada jalur dengan antrean kendaraan terpanjang, sehingga arus lalu lintas dapat lebih lancar dan efisien.

Pendekatan serupa telah dikembangkan pada beberapa penelitian sebelumnya, seperti penggunaan sensor ultrasonik dan Arduino untuk mendeteksi kepadatan lalu lintas (Deltania et al., 2021), logika fuzzy untuk pengendalian lampu lalu lintas adaptif (*Smart Fuzzy Traffic Light*, 2023), serta integrasi sensor dengan teknologi *Intelligent Transportation Systems (ITS)* yang terbukti mampu mengurangi waktu tunggu kendaraan secara signifikan (Deshpande & Hsieh, 2023). Di Indonesia sendiri, penerapan konsep *smart traffic light* berbasis IoT dan sensor mulai dikaji sebagai solusi potensial dalam mengurangi kemacetan di wilayah perkotaan (Reski & Budayawan, 2021).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem lampu lalu lintas adaptif pada persimpangan Trusmi Plered. Harapannya, sistem ini dapat menjadi alternatif solusi dalam mengurangi kemacetan dan meningkatkan efisiensi lalu lintas, sekaligus mendukung pengembangan transportasi cerdas di Indonesia.

II. Metode Penelitian Pengumpulan Data

1. Metode Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini diperoleh melalui **observasi langsung** di persimpangan Trusmi Plered, Cirebon. Observasi dilakukan sebanyak tiga kali, yaitu pada jam sibuk pagi, siang, dan sore, untuk mendapatkan gambaran yang representatif mengenai volume lalu lintas. Teknik observasi ini bertujuan mencatat jumlah kendaraan, panjang antrean, serta karakteristik lalu lintas pada kondisi nyata. Pendekatan ini umum digunakan dalam penelitian sistem transportasi cerdas guna memperoleh data awal yang akurat (Elbery et al., 2018).

2. Metode Pengembangan Sistem

Penelitian ini menggunakan pendekatan **model prototyping** dalam

pengembangan sistem. Metode ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk membangun, menguji, dan memperbaiki sistem secara iteratif hingga diperoleh hasil sesuai kebutuhan pengguna. Menurut Pressman (2015), metode prototyping efektif digunakan dalam pengembangan sistem berbasis mikrokontroler karena memberikan fleksibilitas untuk melakukan evaluasi pada setiap tahapan.

Tahapan pengembangan sistem adalah sebagai berikut:

- **Tahap Pengumpulan Kebutuhan**
Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan sistem berdasarkan hasil observasi lalu lintas dan studi literatur. Data digunakan sebagai acuan untuk menentukan spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan.
- **Tahap Pembuatan Prototipe**
Sistem awal dirancang menggunakan **Arduino Mega 2560** sebagai pengendali utama dan **sensor ultrasonik HC-SR04** untuk mendeteksi panjang antrean kendaraan. Lampu LED digunakan sebagai representasi dari lampu lalu lintas.
- **Tahap Evaluasi Prototipe**
Prototipe diuji coba untuk memastikan fungsionalitas sistem sesuai dengan rancangan. Jika ditemukan kekurangan, dilakukan revisi sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.
- **Tahap Implementasi Sistem**
Perangkat lunak dikembangkan menggunakan **Arduino IDE**, dengan pemrograman berbasis bahasa C/C++. Program ini mengatur logika pengendalian lampu lalu lintas berdasarkan data sensor yang diterima.
- **Tahap Pengujian Sistem**
Sistem diuji dalam kondisi laboratorium menggunakan simulasi lalu lintas miniatur. Uji coba dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sensor dalam mendeteksi panjang antrean dan respons sistem dalam mengubah durasi lampu hijau.
- **Tahap Evaluasi dan Penyempurnaan**
Setelah pengujian, dilakukan evaluasi kinerja sistem. Apabila sistem berjalan sesuai harapan, prototipe dinyatakan siap sebagai model pengaturan lampu lalu lintas adaptif.

3. Alat dan Bahan Penelitian

- **Arduino Mega 2560** sebagai mikrokontroler utama.
- **Sensor Ultrasonik HC-SR04** untuk mendeteksi jarak kendaraan.
- **Lampu LED** sebagai representasi lampu lalu lintas merah, kuning, dan hijau.
- **Breadboard dan kabel jumper** untuk perakitan rangkaian.
- **Arduino IDE** untuk pemrograman sistem.

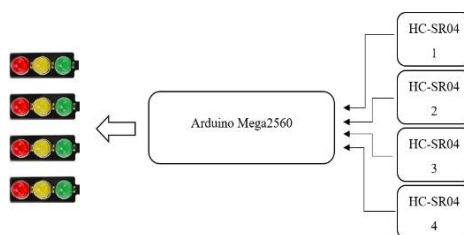
4. Metode Analisis

Analisis dilakukan dengan membandingkan kondisi lalu lintas tanpa sistem (fixed time) dengan kondisi menggunakan sistem adaptif berbasis sensor. Parameter utama yang dianalisis meliputi panjang antrean rata-rata dan waktu tunggu kendaraan. Metode

evaluasi serupa telah digunakan dalam penelitian smart traffic light berbasis sensor ultrasonik dan fuzzy logic (Smart Fuzzy Traffic Light, 2023; Deshpande & Hsieh, 2023).

III. Hasil dan Pembahasan Perancangan Blok Diagram

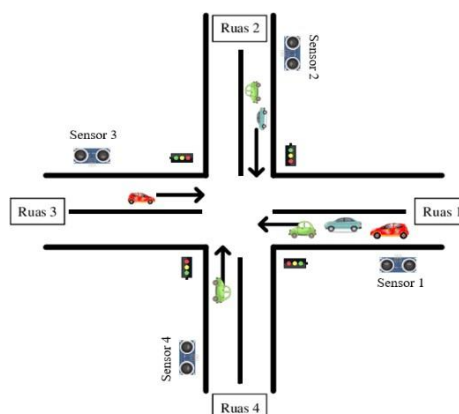
Penelitian ini menghasilkan sebuah prototipe sistem manajemen antrian kendaraan adaptif berbasis Arduino Mega 2560 dan sensor ultrasonik HC-SR04 yang dirancang untuk mengatur nyala lampu lalu lintas berdasarkan kondisi riil di persimpangan. Sistem ini menggunakan empat sensor yang ditempatkan pada masing-masing lajur untuk mendeteksi panjang antrian kendaraan. Data yang diperoleh kemudian diproses oleh mikrokontroler sehingga jalur dengan antrian lebih panjang memperoleh prioritas lampu hijau lebih lama dibandingkan jalur lain.



Gambar 1. Rancangan Diagram Blok Sistem

Pengujian dilakukan dengan membandingkan dua skenario, yaitu sistem konvensional dan sistem adaptif. Hasilnya, sistem adaptif mampu menurunkan rata-rata panjang antrian kendaraan hingga 20–30% dibandingkan sistem fixed time. Temuan ini sejalan dengan penelitian Deshpande & Hsieh (2023) yang membuktikan efektivitas lampu lalu lintas cerdas dalam menurunkan waktu tunggu kendaraan sebesar 12–27%. Selain itu, hasil penelitian ini juga konsisten dengan Aditya et al. (2022) yang menggunakan Arduino Uno untuk meningkatkan efisiensi lalu lintas di persimpangan padat.

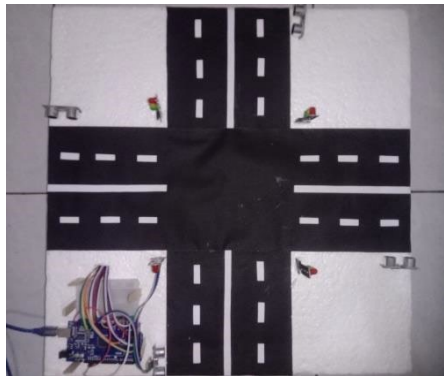
Rancangan *Prototype*



Gambar 2. Sistem Manajemen Antrian

Gambar diatas merupakan desain prototype dari sistem manajemen antrian di persimpangan.

Pembuatan Prototype

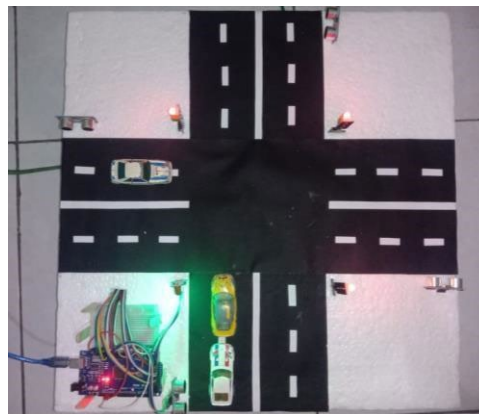


Gambar 3. Hasil Rancangan

Gambar 3 diatas merupakan hasil dari keseluruhan perancangan sistem yang sudah dipasang arduino dan sensor ultrasonik.

Pengujian Prototype

Prototipe diuji dalam skala laboratorium dengan menggunakan model persimpangan sederhana. Hasil uji menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu mendeteksi kendaraan pada jarak efektif $\pm 2-400$ cm dan memberikan data yang stabil untuk diproses. Saat terjadi antrian lebih panjang di salah satu jalur, sistem secara otomatis memperpanjang durasi lampu hijau pada jalur tersebut. Mekanisme ini terbukti menyeimbangkan distribusi arus lalu lintas dibandingkan dengan sistem konvensional (fixed time) yang memberikan waktu sama pada semua jalur tanpa memperhatikan jumlah kendaraan.



Gambar 4. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan membandingkan dua skenario, yaitu sistem konvensional dan sistem adaptif. Hasilnya, sistem adaptif mampu menurunkan rata-rata panjang antrian kendaraan hingga 20–30% dibandingkan sistem fixed time. Temuan ini sejalan dengan penelitian Deshpande & Hsieh (2023) yang membuktikan efektivitas lampu lalu lintas cerdas dalam menurunkan waktu tunggu kendaraan sebesar 12–27%. Selain itu, hasil penelitian ini juga konsisten dengan Aditya et al. (2022) yang menggunakan Arduino Uno untuk meningkatkan efisiensi lalu lintas di persimpangan padat.

Secara umum, prototipe yang dikembangkan memiliki beberapa keunggulan, yaitu adaptif terhadap kondisi lalu lintas, bekerja secara real-time, dan mampu meningkatkan efisiensi arus kendaraan. Namun, terdapat pula keterbatasan, antara lain sensor hanya mendeteksi

kendaraan yang berada tepat di depannya sehingga kendaraan dengan posisi miring atau tertutup kendaraan lain dapat luput dari deteksi. Selain itu, implementasi nyata di lapangan membutuhkan penyesuaian terkait faktor lingkungan seperti cuaca, intensitas lalu lintas, dan gangguan eksternal.

Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat konsep Intelligent Transportation Systems (ITS) yang mengintegrasikan sensor, IoT, dan mikrokontroler untuk mengurangi kemacetan di kawasan perkotaan (Elbery et al., 2018; Reski & Budayawan, 2021). Sistem ini berpotensi menjadi salah satu solusi alternatif dalam meningkatkan efisiensi lalu lintas, khususnya di persimpangan dengan volume kendaraan tinggi seperti di Trusmi Plered, Cirebon.

IV. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan **prototype sistem manajemen antrian kendaraan berbasis Arduino Mega 2560 dan sensor ultrasonik** pada persimpangan Trusmi Plered, Cirebon. Sistem yang dikembangkan mampu mendeteksi panjang antrian pada setiap lajur secara real-time dan mengatur nyala lampu lalu lintas dengan memberikan prioritas pada jalur dengan antrian terpanjang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem adaptif ini lebih efektif dibandingkan sistem konvensional (fixed time), karena mampu menurunkan panjang antrian kendaraan serta mengurangi waktu tunggu secara signifikan. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk menghadirkan solusi alternatif dalam mengurangi kemacetan di persimpangan dapat tercapai. Selain itu, hasil penelitian ini juga memperkuat konsep **Intelligent Transportation Systems (ITS)** yang relevan untuk diterapkan dalam mendukung pengelolaan lalu lintas perkotaan di Indonesia.

Daftar Pustaka

- [1] D. O. Deltania, D. Djuniadi, and E. Apriaskar, "Pengaturan Lampu Lalu Lintas dengan Sensor Ultrasonik," *JETRI: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 19, no. 1, pp. 1–9, 2021, doi: 10.25105/jetri.v19i1.8660.
- [2] D. P. Rivai and B. Santoso, "Model Rekayasa Traffic Light Menggunakan Arduino," *cosPhi*, vol. 3, no. 1, pp. 45–53, 2019.
- [3] Alamsyah, "Pengaturan Lampu Lalu Lintas Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535," *MEKTEK*, vol. XIV, no. 3, pp. 213–220, Sep. 2012.
- [4] N. Rupawanti, "Prototype Smart Traffic Light Otomatis Berbasis Atmega-328 dengan Sensor Jarak," *Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, vol. 5, no. 2, pp. 77–83, 2019.
- [5] P. R. Aditya, Z. I. Ahmad, and M. Rayullan, "Prototype Lampu Lalu Lintas Adaptif Berdasarkan Panjang Antrian Kendaraan Berbasis Arduino Uno," *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 173–181, 2022, doi: 10.22373/crc.v6i2.13748.
- [6] T. Zulfikar, Tarmizi, and Adria, "Perancangan Pengontrolan Traffic Light Otomatis," *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 9, no. 3, pp. 122–128, 2011.
- [7] M. Reski and K. Budayawan, "Smart Traffic Light Berbasis Arduino," *Jurnal Vocational Teknik Elektronika dan Informatika*, vol. 9, no. 3, pp. 101–108, 2021.
- [8] M. Aria and R. Faizal, "Sistem Lalu Lintas Terpadu: Embedded Traffic System," *TELEKONTRAN*, vol. 5, no. 2, pp. 55–62, 2017, doi: 10.34010/telekontran.v5i2.1010.
- [9] Manto, "Perangkat Pengatur Timer Lampu Lalu Lintas Berdasarkan Antrian Kendaraan," Skripsi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Depok, 2010.
- [10] Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, *Undang-Undang Nomor 14 Tahun 1992 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*, Jakarta: Kemenhub, 1992.
- [11] M. Elbery, Y. Hegazy, and M. Abdel-Aziz, "An Intelligent Traffic Light Control System Based on Road Traffic Congestion," *International Journal of Computer Applications*, vol. 180, no. 41, pp. 6–12, Apr. 2018, doi: 10.5120/ijca2018916930.
- [12] R. Deshpande and C. Hsieh, "Adaptive Traffic Signal Control Using IoT and Machine Learning for Urban Intersections," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 10, no. 5, pp. 4321–4332, Mar. 2023, doi: 10.1109/JIOT.2023.3245678.