

Rancang Bangun Stoplamp Digital Berbasis Esp8266 Dengan Tampilan Led Matrix Dan Konfigurasi Melalui Web

(Design And Construction Of An Esp8266-Based Digital Brake Light With An Led Matrix Display And Web-Based Configuration)

Farkhan Daroni¹, Rahmad Syaifudin²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro-Fakultas Teknik –Universitas Tulungagung
Alamat korespondensi :Jl. Ki Mangun Sarkoro Beji, Kec. Boyolangu, Kab. Tulungagung 66233
email: farhanhand@gmail.com.

Abstract

Advances in Internet of Things (IoT) technology are driving innovation in motor vehicle lighting systems, one example being the use of digital brake lights. This research aims to design and build an ESP8266-based digital brake light with an LED matrix display that can be configured via a web interface. The system uses an ESP8266 microcontroller as the main controller, an LED matrix as the display medium, and a web server to change text and display settings wirelessly without the need to reprogram the device. The methods used include hardware design, software development, assembly, and system testing. Test results show that the digital brake light can display information according to user configuration via the web with good responsiveness and stable operation. This system is expected to serve as a more practical, flexible, and user-friendly alternative to conventional digital brake lights.

Keywords: Digital Brake Light, ESP8266, LED Matrix, Web Server, Internet of Things (IoT).

Abstrak

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) mendorong inovasi pada sistem pencahayaan kendaraan bermotor, salah satunya melalui penggunaan stoplamp digital. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun stoplamp digital berbasis ESP8266 dengan tampilan LED Matrix yang dapat dikonfigurasi melalui antarmuka web. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP8266 sebagai pengendali utama, LED Matrix sebagai media tampilan, serta web server untuk mengubah teks dan pengaturan tampilan secara nirkabel tanpa perlu memprogram ulang perangkat. Metode yang digunakan meliputi perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, perakitan, dan pengujian sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa stoplamp digital dapat menampilkan informasi sesuai konfigurasi pengguna melalui web dengan respons yang baik dan berfungsi secara stabil. Sistem ini diharapkan dapat menjadi alternatif stoplamp digital yang lebih praktis, fleksibel, dan mudah digunakan.

Kata kunci: Stoplamp Digital, ESP8266, LED Matrix, Web Server, Internet of Things (IoT).

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi Internet of Things telah memberikan dampak signifikan terhadap berbagai bidang, termasuk elektronika dan sistem otomasi pada kendaraan bermotor. Penerapan teknologi IoT yang dipadukan dengan mikrokontroler dan komunikasi nirkabel telah mendorong terciptanya beragam inovasi untuk meningkatkan kinerja, efisiensi, serta kenyamanan dalam penggunaan kendaraan. Salah satu komponen kendaraan yang berpotensi dikembangkan melalui penerapan teknologi tersebut adalah stoplamp.

Selama ini, fungsi utama stoplamp hanya sebatas memberikan indikasi ketika proses pengereman berlangsung sehingga informasi yang diterima oleh pengguna jalan lain masih sangat terbatas. Dengan memanfaatkan teknologi digital, stoplamp dapat dikembangkan menjadi media komunikasi visual yang mampu menampilkan teks maupun animasi melalui LED Matrix. Selain meningkatkan nilai estetika kendaraan, pengembangan tersebut juga memungkinkan penyampaian informasi yang lebih efektif dan komunikatif kepada pengguna jalan.

LED Matrix merupakan salah satu media display digital yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai sistem informasi karena memiliki tingkat kecerahan yang baik, penggunaan daya yang relatif

efisien, serta mampu menyajikan karakter, simbol, dan animasi secara fleksibel. Sementara itu, ESP8266 merupakan mikrokontroler yang banyak diterapkan pada sistem Internet of Things (IoT) karena telah dilengkapi dengan fitur konektivitas Wi-Fi yang memungkinkan pertukaran data secara nirkabel. Penggabungan ESP8266 dengan LED Matrix dapat digunakan untuk merancang sistem stoplamp digital yang dapat dikontrol dan dikonfigurasi melalui jaringan Wi-Fi dengan memanfaatkan antarmuka berbasis web. Melalui sistem tersebut, pengguna dapat mengubah teks, memilih efek tampilan, serta menyesuaikan berbagai parameter lainnya tanpa harus melakukan pemrograman ulang pada mikrokontroler.

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengembangkan papan informasi digital berbasis LED Matrix dengan memanfaatkan Arduino maupun ESP8266 sebagai pengendali utama. Selain itu, ESP8266 juga banyak diterapkan pada sistem pemantauan dan pengendalian berbasis web dalam berbagai implementasi IoT. Berbagai hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ESP8266 memiliki kemampuan komunikasi data yang baik serta mampu menjalankan web server sederhana sehingga proses konfigurasi perangkat dapat dilakukan secara real-time. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berorientasi pada pengembangan papan informasi digital, running text, maupun media penyampaian informasi lainnya. Penelitian yang secara khusus mengimplementasikan stoplamp digital kendaraan berbasis LED Matrix dengan dukungan konfigurasi melalui antarmuka web masih relatif sedikit ditemukan.

Berdasarkan hasil kajian tersebut, aspek kebaruan (state of the art) pada penelitian ini terletak pada integrasi fungsi stoplamp kendaraan dengan teknologi LED Matrix yang dikendalikan menggunakan ESP8266 serta dilengkapi fasilitas konfigurasi berbasis web. Sistem yang dirancang tidak hanya menjalankan fungsi sebagai lampu belakang kendaraan, tetapi juga mampu menyajikan informasi sesuai kebutuhan pengguna tanpa memerlukan proses pemrograman ulang. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan fleksibilitas penggunaan, menyederhanakan proses pengoperasian, serta mendukung implementasi konsep kendaraan modern yang mengadopsi teknologi IoT.

Permasalahan yang menjadi fokus penelitian ini adalah bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem stoplamp digital berbasis ESP8266 yang mampu menampilkan informasi pada LED Matrix secara stabil sekaligus menyediakan antarmuka web yang mudah digunakan untuk melakukan konfigurasi tampilan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan mengevaluasi performa sistem ketika diaplikasikan pada kendaraan bermotor sehingga kestabilan tampilan serta kemudahan operasional tetap dapat dipertahankan dalam kondisi penggunaan sebenarnya.

Urgensi penelitian ini semakin meningkat seiring pesatnya perkembangan teknologi kendaraan yang menuntut inovasi pada sistem pencahayaan. Stoplamp tidak lagi dipandang hanya sebagai perangkat keselamatan, melainkan juga berpotensi menjadi media komunikasi visual yang bersifat informatif, interaktif, dan fleksibel. Penggunaan ESP8266 sebagai pengendali utama diharapkan mampu menghasilkan sistem yang memiliki biaya implementasi relatif rendah, mudah dikembangkan, serta mendukung penerapan teknologi IoT pada kendaraan bermotor.

Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian ini diarahkan untuk merancang, mengembangkan, dan melakukan pengujian terhadap sistem stoplamp digital berbasis ESP8266 dengan LED Matrix sebagai media tampilan serta dilengkapi fitur pengaturan melalui antarmuka berbasis web. Sistem yang dihasilkan diharapkan dapat bekerja dengan baik dan optimal, memiliki kemudahan dalam pengoperasian dan konfigurasi, serta memberikan alternatif inovatif dalam pengembangan teknologi stoplamp digital untuk kendaraan bermotor.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode Research and Development (R&D) dengan pendekatan yang berorientasi pada proses perancangan serta implementasi sistem. Pemilihan metode tersebut didasarkan pada tujuan penelitian, yaitu menghasilkan sebuah produk berupa stoplamp digital berbasis ESP8266 yang menggunakan LED Matrix sebagai media tampilan dan dapat dikonfigurasi melalui antarmuka berbasis web. Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, meliputi identifikasi kebutuhan sistem, studi literatur, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi, serta pengujian terhadap performa sistem. Tahap pengujian bertujuan memastikan

bahwa setiap komponen beserta fungsi yang dikembangkan mampu bekerja sesuai dengan spesifikasi rancangan.

Tahapan penelitian diawali dengan pengumpulan berbagai referensi yang berkaitan dengan teknologi ESP8266, LED Matrix, komunikasi nirkabel berbasis Wi-Fi, serta penerapan web server sebagai landasan dalam proses perancangan sistem. Setelah itu dilakukan analisis kebutuhan perangkat keras maupun perangkat lunak, kemudian dilanjutkan dengan penyusunan rangkaian elektronik dan pengembangan perangkat lunak menggunakan Arduino IDE. Setelah seluruh sistem selesai dirakit, dilakukan serangkaian pengujian yang mencakup konektivitas Wi-Fi, akses konfigurasi melalui halaman web, performa tampilan LED Matrix, serta kestabilan sistem selama beroperasi. Seluruh data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif guna mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam mencapai tujuan penelitian.

A. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini difokuskan pada tahapan perancangan, pengembangan, dan pengujian sistem stoplamp digital berbasis ESP8266 dengan LED Matrix sebagai media tampilan informasi serta dilengkapi fitur konfigurasi melalui antarmuka berbasis web. Dalam penerapannya, ESP8266 digunakan sebagai pengendali utama, LED Matrix berfungsi sebagai perangkat keluaran, sedangkan jaringan Wi-Fi dimanfaatkan sebagai sarana komunikasi antara perangkat dan antarmuka konfigurasi berbasis web.

Tahapan penelitian mencakup perancangan dan pembuatan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, integrasi seluruh komponen menjadi suatu sistem, serta pengujian fungsional untuk memastikan setiap fitur bekerja sesuai dengan rancangan. Pengujian meliputi aspek konektivitas Wi-Fi, akses terhadap halaman konfigurasi, pengubahan teks dan efek tampilan pada LED Matrix, serta pengamatan terhadap kestabilan kinerja sistem selama pengoperasian.

Adapun batasan penelitian ini hanya mencakup pengembangan fungsi stoplamp digital beserta mekanisme konfigurasi tampilan melalui antarmuka web. Penelitian tidak membahas aspek mekanis kendaraan, keseluruhan sistem kelistrikan kendaraan, maupun pengembangan aplikasi berbasis Android ataupun iOS.

B. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah aspek-aspek yang digunakan sebagai acuan dalam tahapan perancangan, penerapan, dan evaluasi sistem stoplamp digital berbasis ESP8266 yang menggunakan LED Matrix sebagai media tampilan. Dalam penelitian ini, variabel yang ditetapkan meliputi variabel bebas, variabel terikat, serta variabel kontrol.

1. Variabel Bebas (Independent Variable)

Variabel bebas dalam penelitian ini berupa konfigurasi yang diberikan melalui antarmuka web, meliputi perubahan teks yang ditampilkan, pemilihan efek visual pada LED Matrix, serta pengaturan kecepatan animasi yang dikirimkan ke mikrokontroler ESP8266.

2. Variabel Terikat (Dependent Variable)

Variabel terikat adalah performa sistem stoplamp digital, yang diukur berdasarkan kemampuan ESP8266 dalam menerima konfigurasi dari halaman web serta menampilkan informasi pada LED Matrix sesuai dengan parameter yang telah ditentukan pengguna.

3. Variabel Kontrol (Control Variable)

Variabel kontrol meliputi penggunaan jenis mikrokontroler ESP8266, jumlah panel LED Matrix, tegangan catu daya sebesar 5 V yang diperoleh dari modul step-down, pustaka (library) pemrograman yang digunakan, serta kondisi pengujian yang dijaga tetap sama selama proses penelitian agar hasil pengujian memiliki tingkat konsistensi yang lebih baik.

C. Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahapan agar proses perancangan, implementasi, serta pengujian sistem stoplamp digital berbasis ESP8266 dapat berjalan secara optimal. Tahap awal diawali dengan studi literatur untuk memperoleh informasi mengenai ESP8266, LED Matrix, komunikasi Wi-Fi, serta implementasi web server. Informasi tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam melakukan analisis kebutuhan sistem yang meliputi aspek perangkat keras maupun perangkat lunak.

Tahapan berikutnya adalah proses perancangan sistem yang mencakup desain rangkaian perangkat keras berupa integrasi ESP8266 dengan LED Matrix serta pengembangan perangkat lunak

menggunakan Arduino IDE. Setelah proses desain selesai, dilakukan implementasi melalui perakitan seluruh komponen dan pengunggahan program ke dalam mikrokontroler ESP8266.

Tahap akhir penelitian berupa pengujian terhadap seluruh fungsi sistem yang telah dikembangkan. Pengujian meliputi konektivitas jaringan Wi-Fi, akses halaman web, perubahan konfigurasi tampilan LED Matrix, serta kestabilan sistem selama beroperasi. Seluruh hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengevaluasi tingkat keberhasilan sistem dalam memenuhi tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

D. Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi dua kategori utama, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras berperan sebagai komponen pendukung dalam perancangan dan pembangunan sistem stoplamp digital, sedangkan perangkat lunak digunakan untuk pemrograman, konfigurasi, serta pengujian sistem. Rincian peralatan dan bahan yang digunakan disajikan pada uraian berikut.

1. ESP8266 (Wemos D1 Mini)



Gambar 1. ESP8266 (Wemos D1 Mini)

ESP8266 (Wemos D1 Mini) merupakan mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali utama pada sistem stoplamp digital. Mikrokontroler ini bertugas menjalankan program, mengolah data, mengendalikan tampilan LED Matrix, serta menyediakan web server sehingga pengguna dapat melakukan konfigurasi melalui jaringan Wi-Fi.

2. LED Matrix MAX7219



Gambar 2. LED Matrix MAX7219

LED Matrix MAX7219 digunakan sebagai media tampilan untuk menampilkan teks maupun animasi pada stoplamp digital. Modul ini dikendalikan oleh ESP8266 melalui komunikasi Serial Peripheral Interface (SPI) sehingga mampu menampilkan informasi sesuai dengan konfigurasi yang diberikan pengguna.

3. Modul Step-Down LM2596



Gambar 3. Modul Step-Down LM2596

Modul Step-Down LM2596 digunakan untuk mengonversi tegangan sebesar 12 Volt yang berasal dari aki kendaraan menjadi tegangan 5 Volt sesuai dengan kebutuhan ESP8266 dan LED Matrix. Penggunaan modul tersebut bertujuan untuk menyediakan sumber daya dengan tegangan yang lebih sesuai, stabil, dan aman bagi seluruh komponen sistem.

4. Kabel Jumper



Gambar 4. Kabel Jumper

Kabel jumper berfungsi sebagai penghubung antara berbagai komponen elektronik, seperti ESP8266, LED Matrix, dan modul step-down. Penggunaan kabel ini dapat mempermudah proses perakitan dan pengujian sistem, sekaligus memastikan koneksi antar-komponen berlangsung dengan baik sehingga setiap perangkat dapat bekerja dan berkomunikasi sesuai dengan fungsinya.

5. Catu Daya 12 Volt



Gambar 5. Catu Daya 12 Volt

Catu daya 12 Volt berfungsi sebagai sumber energi utama sistem. Pada implementasinya, sumber tegangan berasal dari aki kendaraan, kemudian diturunkan menjadi 5 Volt menggunakan modul step-down agar sesuai dengan kebutuhan ESP8266 dan LED Matrix.

6. Arduino IDE



Gambar 6. Arduino IDE

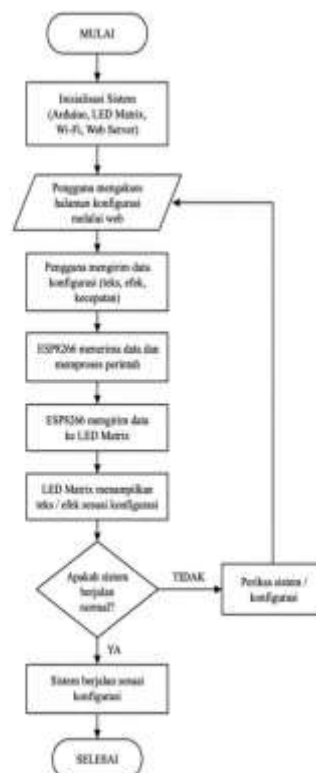
Arduino IDE adalah perangkat lunak yang dimanfaatkan untuk membuat, melakukan kompilasi, serta mengunggah kode program ke mikrokontroler ESP8266. Selain digunakan dalam proses pemrograman, Arduino IDE juga mendukung kegiatan pengujian dan debugging untuk membantu memastikan sistem dapat berjalan sesuai dengan rancangan yang telah ditentukan.

7. Web Browser



Web browser digunakan sebagai antarmuka pengguna untuk mengakses halaman konfigurasi yang disediakan oleh ESP8266. Melalui halaman web tersebut, pengguna dapat mengubah teks, efek tampilan, dan pengaturan lainnya secara langsung tanpa perlu memprogram ulang perangkat sehingga proses konfigurasi menjadi lebih mudah dan praktis.

E. Flowchart Penelitian



Flowchart penelitian menyajikan tahapan pelaksanaan penelitian secara berurutan, mulai dari identifikasi masalah hingga penarikan kesimpulan. Diagram alir tersebut berfungsi sebagai pedoman untuk memastikan seluruh proses penelitian dilaksanakan secara sistematis dan terstruktur. Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi masalah, kemudian dilanjutkan dengan studi literatur, analisis

kebutuhan sistem, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi sistem, pengujian, analisis hasil, serta diakhiri dengan penarikan kesimpulan.

F. Skema Rangkaian



Skema rangkaian menunjukkan hubungan antar komponen pada sistem stoplamp digital berbasis ESP8266. Sistem terdiri atas mikrokontroler ESP8266 sebagai pengendali utama, LED Matrix MAX7219 sebagai media tampilan, modul step-down LM2596 sebagai penurun tegangan dari 12 Volt menjadi 5 Volt, serta sumber tegangan yang berasal dari aki kendaraan. Komunikasi antara ESP8266 dan LED Matrix menggunakan antarmuka Serial Peripheral Interface (SPI) melalui pin DIN, CLK, dan CS. Skema rangkaian ini menjadi acuan dalam proses perakitan sehingga seluruh komponen dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berhasil menghasilkan sebuah sistem stoplamp digital berbasis ESP8266 yang memanfaatkan LED Matrix sebagai media tampilan dan dilengkapi fitur konfigurasi melalui antarmuka berbasis web. Sistem yang dikembangkan terdiri atas mikrokontroler ESP8266 sebagai unit pengendali, LED Matrix MAX7219 sebagai perangkat keluaran (output), serta modul step-down LM2596 yang berfungsi mengonversi sumber tegangan kendaraan sebesar 12 Volt menjadi tegangan kerja 5 Volt. Setelah proses perancangan dan perakitan selesai dilaksanakan, dilakukan serangkaian pengujian untuk mengevaluasi kinerja setiap bagian sistem sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu beroperasi sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan. ESP8266 berhasil terhubung ke jaringan Wi-Fi dan menjalankan fungsi web server secara optimal sehingga halaman konfigurasi dapat diakses menggunakan web browser. Perubahan teks maupun pengaturan tampilan yang dilakukan melalui antarmuka web dapat diterapkan secara langsung pada LED Matrix tanpa memerlukan proses unggah ulang (upload) program ke mikrokontroler. Selain itu, sistem menunjukkan performa yang stabil selama pengujian berlangsung sehingga berpotensi menjadi alternatif implementasi stoplamp digital berbasis teknologi IoT pada kendaraan bermotor.

A. Hasil Perancangan Sistem

Tahap perancangan menghasilkan sebuah prototipe stoplamp digital berbasis ESP8266 dengan media tampilan LED Matrix yang dapat dikonfigurasi melalui halaman web. Pada sistem ini, ESP8266 berfungsi sebagai pengendali utama yang berkomunikasi dengan modul LED Matrix MAX7219 menggunakan protokol komunikasi SPI (Serial Peripheral Interface). Sumber daya sistem berasal dari aki kendaraan dengan tegangan 12 Volt yang kemudian diturunkan menjadi 5 Volt menggunakan modul step-down LM2596 agar seluruh komponen memperoleh suplai tegangan yang sesuai. Selain

mengendalikan tampilan LED Matrix, ESP8266 juga dikonfigurasi sebagai web server, sehingga pengguna dapat mengakses halaman konfigurasi melalui jaringan Wi-Fi menggunakan web browser.

B. Hasil Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras dilakukan dengan merakit seluruh komponen berdasarkan skema rangkaian yang telah dirancang sebelumnya. Pada tahap ini, ESP8266 dihubungkan dengan LED Matrix MAX7219 melalui antarmuka SPI, yaitu pin D7 sebagai jalur data (DIN), pin D5 sebagai jalur clock (CLK), dan pin D8 sebagai jalur chip select (CS). Setelah seluruh komponen terpasang, sistem diberikan catu daya 5 Volt yang berasal dari keluaran modul step-down LM2596. Hasil implementasi menunjukkan bahwa setiap komponen mampu berfungsi sebagaimana mestinya, dan LED Matrix dapat menampilkan teks sesuai dengan program yang telah ditanamkan pada mikrokontroler.

C. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa seluruh fungsi yang telah diimplementasikan pada sistem. Beberapa aspek yang diuji meliputi kemampuan koneksi Wi-Fi, akses terhadap halaman konfigurasi berbasis web, perubahan teks pada LED Matrix, pergantian efek tampilan, serta kestabilan sistem selama beroperasi. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh fitur dapat dijalankan dengan baik sesuai dengan tujuan perancangan. Pengguna dapat mengakses halaman konfigurasi menggunakan web browser, melakukan perubahan teks maupun pengaturan tampilan, dan hasil konfigurasi tersebut langsung ditampilkan pada LED Matrix secara real-time tanpa memerlukan proses pemrograman ulang atau pengunggahan kembali program ke ESP8266.

No	Parameter Pengujian Sistem	Hasil
1.	Koneksi Wifi	Berhasil
2.	Akses Halaman Web	Berhasil
3.	Perubahan Text	Berhasil
4.	Tampilan LED Matrix	Berhasil
5.	Stabilitas Sistem	Berhasil

Tabel 6. Hasil Pengujian Sistem

D. Pembahasan

Berdasarkan rangkaian pengujian yang telah dilaksanakan, sistem stoplamp digital berbasis ESP8266 mampu beroperasi sesuai dengan sasaran penelitian yang telah ditetapkan. Mikrokontroler ESP8266 berhasil menjalankan perannya sebagai pusat kendali sistem sekaligus web server yang memungkinkan proses konfigurasi dilakukan melalui jaringan Wi-Fi. Informasi yang dikirimkan melalui antarmuka web dapat diterima dengan baik oleh sistem dan ditampilkan pada LED Matrix dalam bentuk teks maupun efek visual sesuai dengan pengaturan pengguna. Selain itu, penggunaan modul step-down LM2596 terbukti mampu menyediakan tegangan keluaran sebesar 5 Volt secara stabil sehingga seluruh komponen dapat bekerja dengan optimal selama proses pengujian.

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi ESP8266 dan LED Matrix memiliki potensi sebagai solusi dalam pengembangan stoplamp digital yang lebih inovatif dibandingkan stoplamp konvensional. Kemampuan konfigurasi melalui antarmuka berbasis web memberikan fleksibilitas yang lebih tinggi karena pengguna dapat mengubah tampilan sistem secara langsung tanpa harus melakukan pemrograman ulang pada mikrokontroler. Dengan demikian, sistem yang telah dikembangkan tidak hanya memenuhi tujuan penelitian, tetapi juga memiliki peluang untuk disempurnakan melalui penambahan fitur animasi yang lebih variatif, integrasi koneksi internet, maupun pengembangan aplikasi berbasis Android guna meningkatkan fungsionalitasnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan evaluasi sistem yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa stoplamp digital berbasis ESP8266 dengan media tampilan LED Matrix serta konfigurasi melalui antarmuka web berhasil dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem mampu menampilkan informasi berupa teks pada LED Matrix sekaligus menerima perubahan konfigurasi secara nirkabel melalui halaman web tanpa memerlukan proses pemrograman ulang pada perangkat.

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa seluruh fungsi utama sistem dapat berjalan dengan baik, meliputi konektivitas Wi-Fi, akses terhadap halaman konfigurasi berbasis web, perubahan tampilan pada LED Matrix, serta kestabilan perangkat selama beroperasi. ESP8266 mampu menjalankan fungsi komunikasi dan pengendalian berbasis web secara optimal, sedangkan LED Matrix dapat menampilkan informasi dengan baik sesuai konfigurasi yang diberikan oleh pengguna.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan menawarkan alternatif stoplamp digital yang lebih modern, fleksibel, dan mudah dioperasikan dibandingkan sistem konvensional. Untuk pengembangan pada penelitian berikutnya, sistem ini dapat disempurnakan dengan menambahkan variasi animasi yang lebih interaktif, mengembangkan aplikasi pendukung berbasis Android, serta mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT) sehingga mampu mendukung fungsi yang lebih luas dan memberikan nilai tambah dalam penerapan pada kendaraan bermotor. fitur animasi, koneksi internet, maupun integrasi dengan aplikasi berbasis Android.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). *Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications*. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 17(4), 2347–2376.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2017). *Understanding the Internet of Things: Definition, Potentials, and Societal Role of a Fast Evolving Paradigm*. Ad Hoc Networks, 56, 122–140.
- Borgia, E. (2016). *The Internet of Things Vision: Key Features, Applications and Open Issues*. Computer Communications, 54, 1–31.
- Da Xu, L., He, W., & Li, S. (2018). *Internet of Things in Industries: A Survey*. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 10(4), 2233–2243.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2016). *Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions*. Future Generation Computer Systems, 29(7), 1645–1660.
- Kolban, N. (2021). *Kolban's Book on ESP8266*. Leanpub.
- Kurniawan, A. (2019). *Internet of Things: Projects with ESP8266*. PE Press.
- Maksimović, M., Vujović, V., Davidović, N., Milošević, V., & Perišić, B. (2015). *Raspberry Pi as Internet of Things Hardware: Performances and Constraints*. Design Issues, 3(8), 1–8.
- Maxim Integrated. (2021). *MAX7219/MAX7221 Serially Interfaced 8-Digit LED Display Drivers Datasheet*. Analog Devices.
- Monk, S. (2020). *Programming Arduino: Getting Started with Sketches* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Patel, K., Patel, S., & Scholar, P. (2019). *Internet of Things (IoT): Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application and Future Challenges*. International Journal of Engineering Science and Computing, 9(5), 6122–6131.
- Random Nerd Tutorials. (2023). *ESP8266 Web Server Using Arduino IDE*. <https://randomnerdtutorials.com/>
- Singh, A., Kumar, R., & Sharma, P. (2020). *Design and Development of IoT Based Smart Display System Using ESP8266*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 11(9), 458–464.

Yaseen, M. S., Al-Mamory, A. S., & Al-Satari, M. H. (2021). *Internet of Things Based Smart Monitoring and Control Systems: A Review*. International Journal of Electrical and Computer Engineering, 11(6), 5147–5158.

Zhang, Y., Wang, H., & Li, X. (2022). *Design and Implementation of an ESP8266-Based IoT Control System*. Journal of Physics: Conference Series, 2204(1), 012045.