

MICROCONTROLLER-BASED PEOPLE CROSSING PROTOTYPE USING PRESSURE PAD SENSOR

[PROTOTYPE PENYEBERANGAN ORANG BERBASIS MIKROKONTROLLER MENGGUNAKAN SENSOR PRESSURE PAD]

Shofy Mulki Aliyah¹⁾, Syamsudduha Syahririni²⁾, Arief Wisaksono³⁾, Dwi Hadidjaja Rasjid Saputra⁴⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

³⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

⁴⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: syahririni@umsida.ac.id

Abstract. Pedestrian safety in road crossing areas remains a crucial issue due to the limitations of conventional manual systems that are prone to user error. This study aims to design and implement an automatic pedestrian crossing prototype based on the ESP32 microcontroller, integrating a pressure pad sensor (FSR 402) and an ultrasonic sensor (HC-SR04). The research method used is the development method, encompassing the stages of system design, fabrication, and testing. The system is designed with a dual-sensor validation mechanism to prevent false triggers. The testing results show that the FSR 402 sensor has good responsiveness in detecting pressure variations with consistent analog values. Meanwhile, the HC-SR04 ultrasonic sensor proved accurate in measuring object distance with a minimal error margin (± 0.1 cm to ± 0.2 cm). Overall system testing demonstrates that the traffic light will only change to red for vehicles and green for pedestrians when both sensors simultaneously detect the presence of a pedestrian. Thus, this prototype is proven to be responsive, reliable, and has the potential to be an effective alternative solution to improve pedestrian crossing safety and efficiency automatically.

Keywords - ESP32; pressure pad; traffic light; HC-SR04

Abstrak. Keselamatan pejalan kaki di area penyeberangan jalan masih menjadi permasalahan krusial akibat keterbatasan sistem konvensional yang bersifat manual dan rentan terhadap kesalahan pengguna. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan prototype penyeberangan orang otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 yang mengintegrasikan sensor pressure pad (FSR 402) dan sensor ultrasonik (HC-SR04). Metode penelitian yang digunakan adalah metode pengembangan (development) melalui tahapan perancangan, pembuatan, dan pengujian sistem. Sistem ini dirancang dengan mekanisme validasi deteksi ganda (dual-sensor validation) untuk mencegah kesalahan deteksi (false trigger). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor FSR 402 memiliki responsivitas yang baik dalam mendeteksi variasi tekanan dengan nilai analog yang konsisten. Sementara itu, sensor ultrasonik HC-SR04 terbukti akurat dalam mengukur jarak objek dengan tingkat kesalahan yang sangat kecil ($\pm 0,1$ cm hingga $\pm 0,2$ cm). Pengujian sistem secara keseluruhan membuktikan bahwa traffic light hanya akan berubah menjadi lampu merah bagi kendaraan dan hijau bagi pejalan kaki ketika kedua sensor mendeteksi keberadaan pejalan kaki secara bersamaan. Dengan demikian, prototype ini terbukti responsif, andal, dan berpotensi menjadi solusi alternatif yang efektif untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi penyeberangan pejalan kaki secara otomatis.

Kata Kunci – ESP32; pressure pad; traffic light; HC-SR04

I. PENDAHULUAN

Keselamatan pejalan kaki merupakan salah satu aspek penting dalam sistem transportasi yang sering kali terabaikan[1]. Data kecelakaan lalu lintas menunjukkan bahwa banyak kasus kecelakaan melibatkan pejalan kaki yang sedang menyeberang jalan, terutama di lokasi yang tidak dilengkapi dengan fasilitas penyeberangan yang memadai[2][3]. Kondisi ini diperparah dengan rendahnya tingkat kesadaran masyarakat sebagai pengguna jalan terhadap pentingnya mematuhi peraturan lalu lintas, serta keterbatasan sarana penyeberangan konvensional yang hanya mengandalkan zebra cross atau tombol manual pada lampu lalu lintas[4].

Untuk mengurangi risiko kecelakaan, dibutuhkan suatu sistem penyeberangan yang lebih adaptif, otomatis, dan mudah digunakan oleh pejalan kaki. Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan adalah mikrokontroler yang

dipadukan dengan sensor pressure pad. Sensor ini mampu mendeteksi keberadaan pejalan kaki melalui tekanan ketika seseorang berdiri di area tertentu[5][6]. Informasi dari sensor kemudian diolah oleh mikrokontroler untuk mengendalikan sistem lampu lalu lintas atau indikator penyeberangan, sehingga kendaraan dapat berhenti sementara dan memberi kesempatan aman bagi pejalan kaki untuk menyeberang[7].

Penggunaan pressure pad dinilai lebih praktis dibandingkan tombol manual karena sistem ini bekerja secara otomatis tanpa memerlukan interaksi langsung dari pejalan kaki. Selain itu, dengan penerapan mikrokontroler, sistem dapat dikembangkan menjadi lebih cerdas, seperti menyesuaikan durasi penyeberangan dengan jumlah pejalan kaki atau memberikan peringatan visual[8][9].

Tingginya risiko kecelakaan pejalan kaki akibat rendahnya kepatuhan pengendara untuk berhenti di area penyeberangan dan tidak adanya sistem otomatis yang dapat mendeteksi keberadaan pejalan kaki secara langsung. Pada banyak lokasi, sistem penyeberangan masih bersifat manual atau bahkan tidak memiliki pengatur lalu lintas sama sekali, sehingga pejalan kaki kesulitan menyeberang dengan aman. Kondisi ini menunjukkan perlunya inovasi berupa sistem penyeberangan otomatis yang mampu bekerja secara real-time dengan memanfaatkan sensor tekanan (pressure pad) dan mikrokontroler untuk mengatur lampu lalu lintas secara cerdas ketika ada pejalan kaki yang ingin menyeberang[10][11].

Oleh karena itu, merancang sebuah sistem penyeberangan otomatis yang mampu mendeteksi keberadaan pejalan kaki secara langsung menggunakan sensor pressure pad sebagai solusi utama. Ketika sensor pressure pad diinjak oleh pejalan kaki, mikrokontroler akan memproses sinyal tersebut dan secara otomatis mengatur lampu lalu lintas menyalakan lampu merah bagi kendaraan agar berhenti dan lampu hijau bagi pejalan kaki untuk menyeberang[12][13]. Setelah pejalan kaki selesai menyeberang (dapat dikendalikan berdasarkan waktu tertentu atau sensor tambahan seperti ultrasonic), sistem akan kembali ke kondisi awal. Dengan rancangan ini, penyeberangan menjadi lebih aman, efisien, dan otomatis tanpa memerlukan petugas atau tombol manual, serta dapat diterapkan di berbagai lokasi dengan biaya yang relatif rendah[14][15].

II. METODE

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode pengembangan (Development). Metode ini merupakan pendekatan penelitian yang berfokus pada proses menghasilkan produk baru atau menyempurnakan produk yang telah tersedia. Pelaksanaannya dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu perancangan, pembuatan prototipe, pengujian, serta evaluasi. Rangkaian tahapan tersebut bertujuan untuk menghasilkan produk yang memiliki fungsi optimal dan mampu memenuhi kebutuhan pengguna secara efektif.

A. Alat Dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk pembuatan alat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Alat dan Perangkat Lunak yang digunakan

1. Laptop
2. Software Arduino IDE

b. Bahan

1. Sensor ultrasonic HC SR04
2. Sensor FSR 402
3. Modul simulasi lampu lalu lintas
4. Mikrokontroler ESP32
5. Kabel jumper

B. Perancangan Sistem

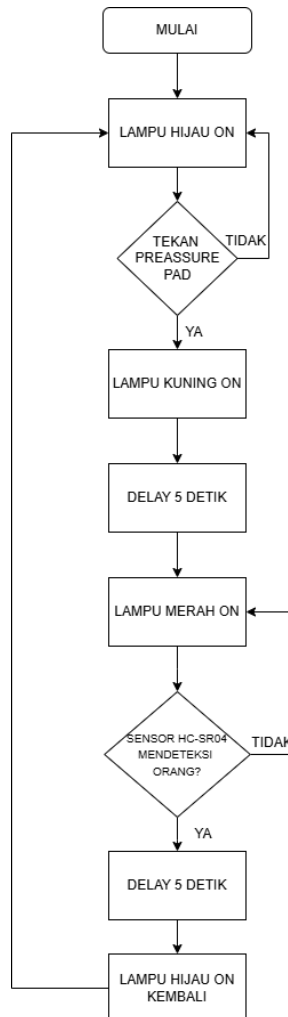
Dalam penelitian ini, tahap perancangan sistem dilaksanakan sebagai upaya untuk membangun prototype penyeberangan orang otomatis berbasis mikrokontroler menggunakan sensor pressure pad. Perancangan sistem dilakukan agar mampu mengenali keberadaan pejalan kaki secara otomatis dan mengatur perubahan lampu lalu lintas berdasarkan hasil deteksi tersebut. Integrasi antara komponen input, proses, dan output memungkinkan sistem bekerja secara terkoordinasi untuk meningkatkan keamanan serta efisiensi proses penyeberangan pejalan kaki.

Pada bagian input digunakan sensor pressure pad dan sensor ultrasonic HC-SR04. Sensor pressure pad berfungsi mendeteksi adanya tekanan dari pejalan kaki ketika berdiri pada area tunggu penyeberangan, sedangkan sensor ultrasonic digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek atau pejalan kaki pada area tertentu. Data dari kedua sensor kemudian dikirim menuju mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali sistem.

Mikrokontroler ESP32 akan mengolah data yang diterima dari sensor dilakukan sesuai dengan program yang telah disusun menggunakan perangkat lunak Arduino IDE. Ketika sensor pressure pad mendeteksi tekanan dan sensor ultrasonic mendeteksi keberadaan pejalan kaki, maka ESP32 akan mengendalikan modul lampu lalu lintas dengan mengubah status lampu kendaraan menjadi merah dan lampu penyeberangan pejalan kaki menjadi hijau. Setelah waktu penyeberangan selesai, sistem akan kembali ke kondisi awal yaitu lampu kendaraan hijau dan lampu pejalan kaki merah.

Output dari sistem berupa modul simulasi lampu lalu lintas yang terdiri dari lampu merah, kuning, dan hijau sebagai indikator kondisi lalu lintas kendaraan serta lampu penyeberangan pejalan kaki. Dengan adanya sistem ini, proses penyeberangan dapat berjalan secara otomatis tanpa perlu menekan tombol manual sehingga dapat meningkatkan keselamatan pejalan kaki saat menyeberang jalan.

C. Flowchart

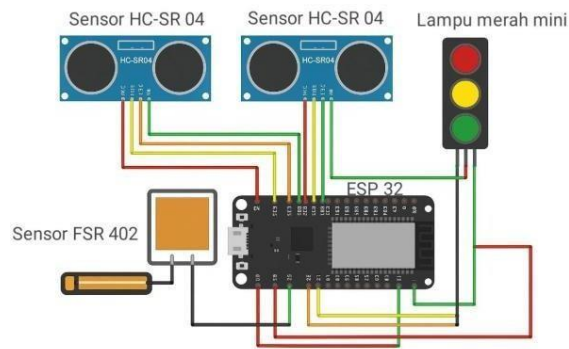


Gambar 1. Flowchart

Gambar 1 menunjukkan sebuah alur eksekusi sistem yang digambarkan oleh sebuah flowchart. Proses dimulai dengan menyalakan sistem. Pada tahap ini, HC- SR ultrasonik akan menjalankan instruksi awal lalu data dari sensor di kirim dan diproses oleh mikrokontroler ESP32, sistem mengecek koneksi jika terhubung akan menyala LED kuning lalu lanjut ke LED merah sebagai tanda peringatan, sistem kemudian membaca input dari sensor pressure pad jika tidak terhubung maka sistem akan berhenti pada kondisi sebelumnya jika terhubung, maka led hijau akan menyala.

D. Perancangan Hardware

Perancangan hardware dilakukan agar system terencana dengan baik sebelum dirangkai dan diprogram. Berikut adalah hasil perancangan hardware menggunakan software Fritzing:



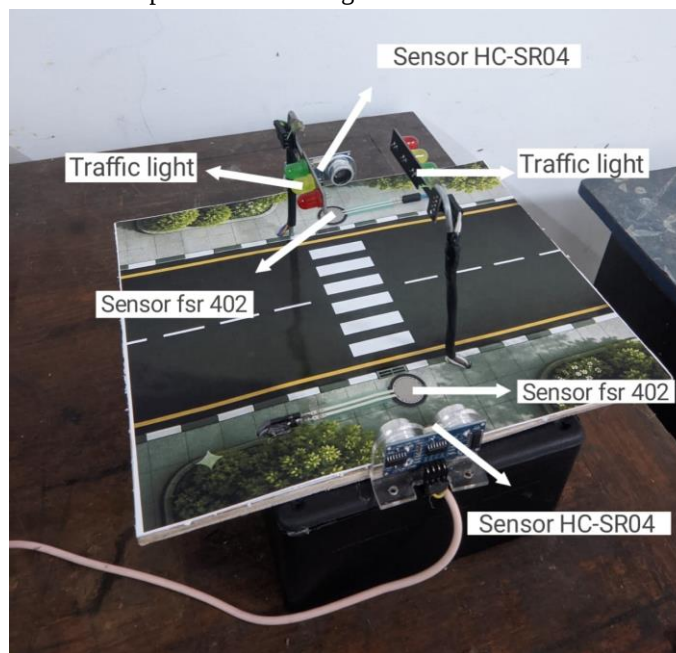
Gambar 2. Perancangan Hardware Menggunakan Software Fritzing

Gambar 2.3 menunjukkan perancangan wiring alat yang di buat. Inti dari sistem menggunakan mikrokontroler ESP32, dimana sensor HC-SR terhubung ke pin digital ESP32 (Trig dan Echo) pin vcc disambungkan ke 5v,GND ke ground. Sensor pressure pad terhubung ke ESP32 sebagai input, lampu lalu lintas mini sebagai indikator output dihubungkan ke pin digital ESP32 dengan GND bersama.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan dan Implementasi Sistem

Pada gambar 3 menampilkan realisasi dari prototype penyebrangan orang berbasis mikrokontroler dengan memanfaatkan sensor pressure pad dan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi keberadaan pejalan kaki. Sistem dikembangkan dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang terintegrasi dengan sensor sebagai masukan dan modul simulasi lampu lalu lintas sebagai keluaran.



Gambar 3. Prototype penyebrangan

Pengujian alat dan pengumpulan data di lakukan dalam beberapa percobaan dengan kriteria percobaan yang berbeda. Banyaknya kriteria data percobaan yang diambil bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dan perangkat keras bekerja sesuai dengan rancangan yang telah di buat.

B. Hasil Pengujian

Pengujian sistem dilakukan secara bertahap untuk memastikan bahwa setiap komponen perangkat keras maupun perangkat lunak berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang. Tahapan pengujian dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu pengujian sensor FSR 402, pengujian sensor ultrasonik HC-SR04, dan pengujian sistem secara keseluruhan (pengujian alat). Setiap pengujian dilakukan dalam beberapa kali percobaan dengan variasi kondisi yang berbeda untuk memvalidasi keandalan dan akurasi sistem.

1. Pengujian Sensor FSR

Pengujian sensor FSR dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi tekanan yang diberikan oleh pengguna saat melakukan penyeberangan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor FSR

Sensor	Kondisi sensor	Nilai analog	Keterangan
FSR Kanan	Tidak ditekan	0	Tidak terdeteksi
	Tekanan ringan	786	Terdeteksi
	Tekanan sedang	1877	Terdeteksi
	Tekanan kuat	4163	Terdeteksi
FSR Kiri	Tidak ditekan	0	Tidak terdeteksi
	Tekanan ringan	867	Terdeteksi
	Tekanan sedang	1777	Terdeteksi
	Tekanan kuat	3898	Terdeteksi

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada tabel pengujian sensor FSR, terlihat bahwa sensor FSR 402 mampu merespons perubahan tekanan dengan sangat baik dan konsisten. Ketika sensor tidak menerima tekanan (kondisi tidak diinjak), nilai analog yang dihasilkan adalah 0, yang menandakan bahwa sistem berada dalam kondisi standby dan secara akurat mengidentifikasi tidak adanya pejalan kaki.

Sebaliknya, ketika sensor diberikan tekanan ringan, sedang, hingga kuat, nilai analog meningkat secara signifikan dan proporsional. Sebagai contoh, pada FSR Kanan, nilai analog meningkat dari 786 (tekanan ringan), 1877 (tekanan sedang), hingga 4163 (tekanan kuat). Pola yang sama juga terjadi pada FSR Kiri. Adanya sedikit perbedaan nilai absolut antara sensor Kanan dan Kiri pada tingkat tekanan yang sama merupakan hal yang wajar dalam komponen elektronik, yang dapat disebabkan oleh toleransi manufaktur sensor atau perbedaan titik tumpu tekanan saat pengujian. Namun, yang terpenting adalah kedua sensor secara konsisten menghasilkan nilai di atas ambang batas (threshold) minimum yang telah ditentukan untuk status "Terdeteksi".

Dengan karakteristik respons ini, dapat disimpulkan bahwa sensor FSR 402 sangat handal untuk digunakan sebagai input utama pendeteksi keberadaan pejalan kaki. Sensor ini mampu membedakan antara kondisi kosong dengan kondisi ada beban (pejalan kaki), sehingga mikrokontroler ESP32 dapat memicu urutan perubahan lampu lalu lintas secara akurat dan meminimalkan false trigger yang mungkin disebabkan oleh objek ringan (seperti daun atau sampah) yang jatuh di area sensor.

2. Pengujian Sensor Ultrasonic

Pengujian sensor ultrasonic dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi objek yang diberikan oleh pengguna.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonic

Sensor	Jarak actual	Nilai analog	Keterangan
Ultrasonic kanan	2 cm	2 cm	Terdeteksi
	3 cm	3,1 cm	Terdeteksi
	4 cm	4 cm	Terdeteksi
	5 cm	5 cm	Terdeteksi
Ultrasonic kiri	2 cm	2 cm	Terdeteksi
	3 cm	3 cm	Terdeteksi
	4 cm	3,9 cm	Terdeteksi
	5 cm	5 cm	Terdeteksi

Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 bertujuan untuk memvalidasi tingkat akurasi sensor dalam mendeteksi jarak objek (pejalan kaki) di area penyeberangan. Berdasarkan data pada tabel pengujian, hasil pembacaan jarak oleh sensor menunjukkan korelasi yang sangat tinggi dengan jarak aktual yang diukur.

Sebagai contoh, pada pengujian dengan jarak aktual 3 cm, sensor kanan membacanya sebagai 3,1 cm, dan pada jarak aktual 4 cm, sensor kiri membacanya sebagai 3,9 cm. Selisih atau margin of error yang terjadi sangat kecil, yaitu hanya sekitar $\pm 0,1$ cm hingga $\pm 0,2$ cm. Tingkat presisi yang tinggi ini menunjukkan bahwa modul HC-SR04 bekerja secara optimal dalam memancarkan dan menerima pantulan gelombang ultrasonik, serta algoritma penghitungan waktu tempuh gelombang pada mikrokontroler ESP32 berjalan dengan benar.

Dalam konteks arsitektur sistem prototype ini, sensor ultrasonik berfungsi sebagai mekanisme validasi tambahan yang berpasangan dengan sensor FSR. Logika sistem dirancang agar lampu penyeberangan hanya aktif ketika kedua kondisi terpenuhi: sensor FSR mendeteksi tekanan (berat badan) dan sensor ultrasonik mengonfirmasi adanya objek fisik pada jarak dekat. Kombinasi sistem ganda ini memastikan bahwa sistem hanya akan mengubah lampu kendaraan menjadi merah dan lampu pejalan kaki menjadi hijau ketika benar-benar ada orang yang berdiri di area tunggu penyeberangan. Hal ini secara signifikan meningkatkan keandalan, efisiensi, dan keselamatan sistem secara keseluruhan dibandingkan jika hanya mengandalkan satu jenis sensor saja.

3. Pengujian Alat

Pada pengujian ini akan di lakukan sebanyak 8 kali setiap pengujiannya. Setiap percobaan memiliki jeda waktu 2 menit untuk mendapatkan hasil yang bagus. Pengujian ini bertujuan untuk menganalisa sistem kerja secara umum sebelum di lakukan pengujian yang lebih mendalam. Hasil yang diharapkan ini apakah traffic light mampu menerima sinyal dari sensor ultrasonic secara tepat atau tidak.

Tabel 3. Hasil Pengujian Alat

No	Tekanan FSR 402	Jarak sensor HC-SR04	Kondisi Pejalan Kaki	Traflight light
1	876	2 cm	Terdeteksi	Lampu kendaraan merah, pejalan kaki hijau
2	1888	3 cm	Terdeteksi	Lampu kendaraan merah, pejalan kaki hijau
3	1987	4 cm	Terdeteksi	Lampu kendaraan merah, pejalan kaki hijau
4	3976	5 cm	Terdeteksi	Lampu kendaraan merah, pejalan kaki hijau
5	4007	6 cm	Tidak Ada	Lampu hijau menyala lalu lampu kuning berkedip
6	4096	7 cm	Tidak Ada	Lampu hijau menyala lalu lampu kuning berkedip
7	4001	8 cm	Tidak Ada	Lampu hijau menyala lalu lampu kuning berkedip

Sesuai dengan hasil pengujian yang telah dilaksanakan, sensor pressure pad mampu mendeteksi tekanan dari pejalan kaki dengan baik dan memberikan sinyal input kepada ESP32. Ketika sensor tidak diinjak, sistem berada pada kondisi normal dengan lampu kendaraan hijau dan lampu pejalan kaki merah. Hal tersebut membuktikan bahwa sistem dapat beroperasi secara optimal dalam kondisi standby tanpa adanya gangguan.

Pada pengujian berikutnya, ketika sensor pressure pad diinjak namun sensor ultrasonic belum mendeteksi objek, sistem memberikan respon berupa lampu kuning sebagai tanda peringatan sebelum proses penyebrangan dimulai. Kondisi ini bertujuan untuk memberikan waktu transisi bagi kendaraan sebelum lampu merah aktif. Setelah sensor ultrasonic mendeteksi keberadaan pejalan kaki, sistem berhasil mengubah kondisi lampu kendaraan berubah menjadi merah, sedangkan lampu pejalan kaki berubah menjadi hijau sehingga proses penyebrangan dapat dilakukan dengan aman.

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa sistem dapat kembali ke kondisi awal setelah tekanan pada sensor dilepas dan objek tidak lagi terdeteksi oleh sensor ultrasonic. Lampu kendaraan kembali berubah menjadi hijau sehingga arus lalu lintas dapat berjalan normal. Selain itu, pada kondisi sensor mengalami gangguan atau tidak terhubung, sistem memberikan indikator berupa lampu kuning berkedip sebagai tanda adanya error pada sistem.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa prototype penyebrangan orang berbasis mikrokontroler menggunakan sensor pressure pad dapat bekerja sesuai dengan perancangan sistem. Integrasi antara sensor pressure pad, sensor ultrasonic, dan mikrokontroler ESP32 mampu menghasilkan sistem penyebrangan otomatis yang responsif, efisien, dan dapat meningkatkan keselamatan pejalan kaki pada area

penyebrangan jalan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa prototype penyeberangan orang berbasis mikrokontroler ESP32 menggunakan sensor pressure pad (FSR 402) dan sensor ultrasonik (HC-SR04) berhasil bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem ini mampu mengotomatisasi pengaturan lampu lalu lintas secara real-time tanpa memerlukan interaksi fisik seperti penekanan tombol manual.

Secara spesifik, pengujian komponen menunjukkan bahwa sensor FSR 402 memiliki responsivitas yang baik dalam mendeteksi variasi tekanan (ringan, sedang, dan kuat) dengan nilai analog yang konsisten. Sementara itu, sensor ultrasonik HC-SR04 terbukti akurat dalam mendeteksi jarak objek dengan tingkat error yang sangat kecil ($\pm 0,1$ cm hingga $\pm 0,2$ cm). Integrasi kedua sensor tersebut menghasilkan sistem deteksi ganda yang andal, di mana sistem hanya akan memicu perubahan lampu kendaraan menjadi merah dan lampu pejalan kaki menjadi hijau apabila kedua kondisi terpenuhi secara bersamaan. Hal ini secara efektif mencegah terjadinya false trigger. Setelah pejalan kaki selesai menyeberang, sistem secara otomatis kembali ke kondisi awal (standby). Dengan demikian, prototype ini terbukti efektif, responsif, dan memiliki potensi yang besar untuk diterapkan sebagai solusi alternatif guna meningkatkan keselamatan dan efisiensi penyeberangan pejalan kaki di area zebra cross.

REFERENSI

- [1] I. Irfan, D. R. Irawati, Y. I. Chandra, and ..., "Rancang Bangun Purwarupa Pengaturan Lampu Lalu Lintas Berdasarkan Kepadatan Arus Kendaraan Berbasis Mikrokontroler ATmega 328P," *Kesatria J. ...*, vol. 5, no. 1, pp. 131–143, 2024, [Online]. Available: <https://pkm.tunasbangsa.ac.id/index.php/kesatria/article/view/322%0Ahttps://pkm.tunasbangsa.ac.id/index.php/kesatria/article/download/322/319>
- [2] A. I. Pradana, H. Harsanto, and W. Wijianto, "Deteksi Rambu Lalu Lintas Real-Time di Indonesia dengan Penerapan YOLOv11: Solusi Untuk Keamanan Berkendara," *J. Algoritma*, vol. 21, no. 2, pp. 145–155, 2024, doi: 10.33364/algoritma/v.21-2.2106.
- [3] Y. Rahmawati, I. U. V. Simanjuntak, and R. B. Simorangkir, "Rancang Bangun Purwarupa Sistem Peringatan Pengendara Pelanggar Zebra Cross Berbasis Mikrokontroler ESP-32 CAM," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 189–195, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.14499.
- [4] A. Dwi Meviana, T. Faradhiba, E. Azhira Latifa, J. Teknik Sipil, and P. D. Negeri Jakarta Jl GA Siwabessy, "Analisis Fasilitas Penyeberangan Pada Ruas Jalan Arteri," *Agustus*, 2022.
- [5] Y. Yu, X. Qin, S. Hussain, W. Hou, and T. Weis, "Pedestrian Counting Based on Piezoelectric Vibration Sensor," *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 4, pp. 1–16, 2022, doi: 10.3390/app12041920.
- [6] F. Zulfiryan, S. Syahririni, and M. N. Habibi, "Air Quality Monitoring System using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Quadcopter Type Sistem Monitoring Kualitas Udara menggunakan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Jenis Quadcopter," vol. 2, no. 2, pp. 2–8, 2022.
- [7] L. Alwi, H. Zarory, A. Faizal, and D. Mursyitah, "Design of Miniature Zebra Crossing Violator Detection at Traffic Lights Based on Internet Of Things," *Protek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 12, no. 2, pp. 77–82, 2025, doi: 10.33387/protek.v12i2.7643.
- [8] M. Jamilul, F. Othman, N. Ismail, and Z. Tukiran, "Smart Pedestrian Crossing System in Campus with the Internet of Thing," *Evol. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 705–709, 2022, [Online]. Available: <http://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/eeee>
- [9] A. M. Idham, A. Candra, and A. N. Faizah, "Prototype Larangan Pengendara Melewati Zebra Cross di Traffic Light Berbasis Esp32 CAM," *Lajagoe J. Informatics, Multimedia, Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 21–30, 2023.
- [10] F. Faris, I. Sulistiyowati, A. Hayatal Falah, and A. Ahfas, "System Control of Prototype Forklift Using Android and ESP32 Based on MQTT Communication," *Digit. Zo. J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 15, no. 2, pp. 196–207, 2024, doi: 10.31849/digitalzone.v15i2.22724.
- [11] F. W. Perdana, S. D. Ayuni, A. Wisaksono, and S. Syahririni, "Prototype Social Distancing Reminder Using HC-SR04 Sensor At The Payment Counter Via A Smartphone," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 1, no. 2, 2021, doi: 10.21070/pels.v1i2.952.
- [12] L. Praktik and K. Bidang, "DESAIN PROTOTYPE LAMPU LALU-LINTAS PENYEBERANGAN

BERBASIS OPEN CV DENGAN RASPBERRY PI 4 DESAIN PROTOTYPE LAMPU LALU-LINTAS PENYEBERANGAN BERBASIS OPEN CV DENGAN,” 2022.

- [13] M. A. Sahuri, D. H. R. S, and A. Wisaksono, “RANCANG BANGUN ALAT MONITORING KONDISI SUHU TUBUH DAN JANTUNG,” vol. 26, pp. 68–79, 2021.
- [14] M. Faris and A. Wisaksono, “Pengembangan Aplikasi E-Commerce Untuk Pemasaran Biji dan Bubuk Kopi Berbasis Web (Studi Kasus D ’ Votee Coffee) Development of E-Commerce Application for Web-Based Marketing of Coffee Seeds and Powder (Case Study of D ’ Votee Coffee),” vol. 1, no. 1, pp. 61–72, 2021, doi: 10.25008/janitra.v1i1.116.
- [15] B. S. Kusumaraga, S. Syahririni, and I. Anshory, “Aquarium Water Quality Monitoring Based On Internet Of Things Monitoring Kualitas Air Aquarium Berbasis Internet Of Things,” vol. 1, no. 2, 2021.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.