

Design and Implementation of Smart Bus Stops Based on Orange Pi Zero 3 With Energy Automation and User Detection

[Perancangan dan Implementasi Halte Cerdas Berbasis Orange Pi Zero 3 Dengan Otomatisasi Energi dan Deteksi Pengguna]

Muhammad Aismi Heriansyah¹⁾, Jamaaluddin Jamaaluddin^{*.2)}, Arief Wisaksono³⁾, Agus HayatalFalah⁴⁾

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: jamaaluddin@umsida.ac.id

Abstract. *The Orange Pi Zero 3-based smart bus stop tool is a system designed to improve energy efficiency and comfort for bus stop users through automation based on human presence detection. This system integrates a PIR (Passive Infrared) sensor to detect movement and a webcam to verify human presence, thereby reducing detection errors that often occur with a single sensor. Data from both sensors is processed by the Orange Pi Zero 3 to automatically control output devices such as lights and fans. In addition, the system is equipped with an Internet of Things (IoT) platform using the Blynk application that enables real-time monitoring and control via the internet network. With the integration between sensors and image processing, the system is able to work more accurately, efficiently, and responsively to environmental conditions. The implementation results show that the system can operate according to the design and is able to increase the efficiency of energy use in bus stop facilities.*

Keywords – Orange Pi Zero 3; smart bus stops; Webcams; IoT; Blynk; PIR Sensors.

Abstrak. *Alat halte cerdas berbasis Orange Pi Zero 3 merupakan sistem yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan pengguna halte melalui otomatisasi berbasis deteksi keberadaan manusia. Sistem ini mengintegrasikan sensor PIR (Passive Infrared) untuk mendeteksi gerakan dan webcam untuk memverifikasi keberadaan manusia, sehingga mampu mengurangi kesalahan deteksi yang sering terjadi pada sensor tunggal. Data dari kedua sensor diproses oleh Orange Pi Zero 3 untuk mengontrol perangkat output berupa lampu dan kipas secara otomatis. Selain itu, sistem dilengkapi dengan platform Internet of Things (IoT) menggunakan aplikasi Blynk yang memungkinkan monitoring dan kontrol secara real-time melalui jaringan internet. Dengan adanya integrasi antara sensor dan pengolahan citra, sistem mampu bekerja secara lebih akurat, efisien, dan responsif terhadap kondisi lingkungan. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi sesuai dengan perancangan serta mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi pada fasilitas halte.*

Kata Kunci - Orange Pi Zero 3; halte cerdas; Webcam; IoT; Blynk; Sensor PIR.

I. PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik pada fasilitas umum yang tidak terkelola dengan baik dapat menimbulkan pemborosan energi. Perangkat seperti lampu dan peralatan elektronik yang tetap menyala meskipun tidak sedang digunakan menjadi salah satu permasalahan yang umum terjadi pada fasilitas publik [1]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan sistem otomatisasi yang mampu mengontrol perangkat elektronik secara efisien dan real-time. Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan proses monitoring dan pengendalian perangkat dilakukan melalui jaringan internet secara lebih mudah, fleksibel, serta mendukung sistem kontrol perangkat secara real-time [2][3]. Teknologi IoT juga mendukung proses monitoring dan pengiriman informasi secara real-time pada suatu sistem otomatisasi [4]. diperlukan sistem otomatisasi yang mampu mengontrol perangkat elektronik secara efisien dan real-time [5]. Pengembangan sistem kontrol berbasis IoT juga telah diterapkan pada sistem yang lebih kompleks seperti Automatic Power Factor Correction berbasis Fuzzy Inference System untuk meningkatkan efisiensi energi listrik [6].

Salah satu fasilitas publik yang memerlukan sistem otomatisasi energi adalah halte. Penggunaan sensor PIR banyak diterapkan pada sistem otomatisasi karena mampu mendeteksi keberadaan manusia secara otomatis dengan konsumsi daya yang rendah [7][8]. Integrasi beberapa sensor pada sistem otomatisasi juga dapat meningkatkan respons sistem terhadap kondisi lingkungan secara lebih adaptif [9]. Namun, penggunaan sensor PIR sebagai sensor tunggal masih memiliki kelemahan berupa kesalahan deteksi terhadap objek tertentu. Oleh karena itu, diperlukan sistem verifikasi tambahan menggunakan pengolahan citra berbasis OpenCV dengan metode Histogram of Oriented

Gradients (HOG) untuk meningkatkan akurasi deteksi manusia [10]. Penggunaan webcam pada sistem deteksi manusia memungkinkan proses identifikasi dilakukan secara visual dan real-time sehingga mampu meningkatkan keakuratan sistem otomatisasi [11]. Penerapan teknologi otomatisasi juga telah digunakan pada berbagai perangkat untuk meningkatkan efisiensi proses kerja dan operasional sistem [12]. Pemanfaatan teknologi IoT pada perangkat otomatis juga mampu meningkatkan efektivitas monitoring dan pengendalian sistem secara real-time [13].

Keberhasilan sistem otomatisasi pada halte cerdas sangat bergantung pada keandalan perancangan sistem kontrol yang mampu bekerja secara berkelanjutan [14]. Selain aspek kontrol, implementasi teknologi nirkabel menjadi faktor krusial guna memastikan performa sistem tetap dapat beroperasi secara fleksibel [15]. Pemanfaatan algoritma visi komputer dalam mengenali karakteristik objek manusia memungkinkan sistem memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dalam memvalidasi pengguna dibandingkan sensor tunggal [16]. Penggunaan pemodelan sistem dan penerapan kontroler cerdas (*intelligent controller*) merupakan langkah strategis untuk mengoptimalkan respons sistem dalam mengelola beban energi secara efektif pada fasilitas publik [17].

Penerapan sistem pemantauan dan pengendalian terintegrasi berbasis *Internet of Things* (IoT) menjadi solusi efektif dalam mengawasi penggunaan energi secara *real-time* guna memastikan efisiensi operasional pada berbagai beban listrik [18]. Pengembangan prototipe yang menggabungkan fungsi monitoring dan controlling pada saluran output berbasis IoT memungkinkan pengelolaan perangkat secara lebih presisi dan otomatis tanpa bergantung pada intervensi manual yang kontinu [19]. Pada akhirnya, efektivitas dari optimasi sistem kendali dan manajemen pemeliharaan yang tepat terbukti mampu memberikan kontribusi signifikan terhadap penurunan biaya operasional serta peningkatan efisiensi produksi pada sistem tenaga listrik [20].

II. METODE

Metode yang digunakan yaitu metode penelitian R&D (Research and Development). Research and Development adalah proses atau tahapan yang bertujuan untuk menciptakan produk baru atau memperbaiki produk yang sudah ada [21].

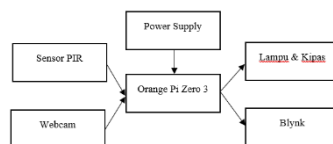
Sistem dibangun sebagai prototipe halte cerdas dengan sensor untuk mendeteksi pengguna dan otomatisasi energi. Data diproses oleh Orange Pi Zero 3 untuk mendeteksi pengguna yang menggunakan fasilitas halte dan otomatisasi energi yang akan menjalankan output yang telah ditentukan dan juga menampilkan Blynk sebagai sistem monitoring.

Metode research and development dipilih karena penelitian ini menekankan pada pengujian performa alat untuk mengetahui akurasi dan keandalan sistem dalam mendeteksi pengguna dan otomatisasi energi. Proses penelitian meliputi perancangan, pembuatan prototipe, pengujian sistem, dan analisis hasil.

1. Desain Sistem

a. Blok Diagram

Untuk memudahkan pemahaman cara kerja alat, digunakan blok diagram yang menunjukkan alur dari input-input sensor, proses pada SBC, hingga output yang dihasilkan.

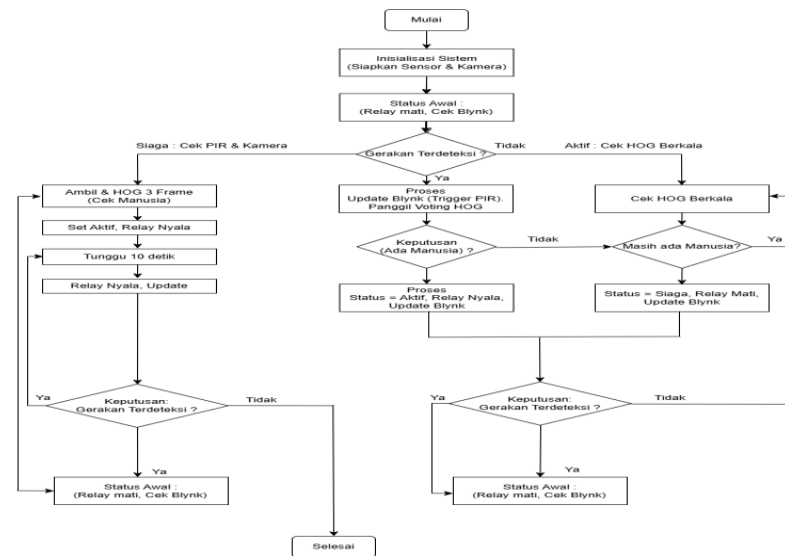


Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Blok diagram pada Gambar 1 menunjukkan hubungan kerja antar komponen utama. Power Supply menyuplai tegangan ke Orange Pi Zero 3 dan komponen lain. Sensor PIR mendeteksi gerakan dan dikonfirmasi oleh webcam yang akan memvalidasi sesuai dengan visual yang telah ditentukan. Data dari sensor dan webcam akan diproses oleh Orange Pi Zero 3 dan hasilnya akan ditampilkan di Blynk dengan output yang akan bekerja sebagai acuan. Dengan demikian, blok diagram ini menggambarkan alur sistem dari akuisisi data, pemrosesan, hingga output.

b. Flowchart Sistem

Untuk menjelaskan alur kerja sistem secara rinci, digunakan flowchart yang menggambarkan proses dari deteksi gerakan hingga output yang ditampilkan, sehingga memudahkan pemahaman mekanisme kerja sistem.



Gambar 2. Flowchart Sistem

Flowchart sistem dimulai dengan proses inisialisasi GPIO, HOG, dan Blynk. Setelah itu, sistem berada pada kondisi standby dengan relay dalam keadaan OFF. Sensor PIR kemudian mendeteksi adanya gerakan dan sistem melakukan validasi menggunakan metode HOG Voting untuk memastikan objek yang terdeteksi adalah manusia. Jika validasi berhasil, sistem mengaktifkan relay dan memperbarui status pada Blynk. Sebaliknya, jika objek tidak valid, sistem akan melakukan pengecekan ulang secara berkala. Ketika tidak ada objek yang terdeteksi dalam waktu tertentu, sistem kembali ke kondisi standby dan relay dimatikan.

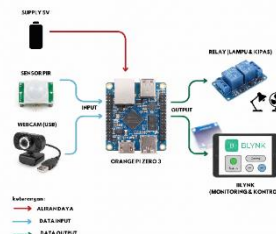
c. Metode Deteksi Manusia Menggunakan HOG

Histogram of Oriented Gradients (HOG) merupakan metode ekstraksi fitur yang digunakan untuk mendeteksi objek manusia berdasarkan distribusi arah gradien pada citra. Metode ini banyak digunakan pada sistem deteksi manusia karena memiliki kemampuan yang baik dalam mengenali pola bentuk tubuh manusia secara real-time[22].

2. Desain Alat

a. Perancangan Elektronika

Perancangan elektronika dilakukan untuk mengatur rangkaian dan konfigurasi komponen seperti SBC, sensor, dan output agar saling terhubung dengan baik, sehingga sistem dapat bekerja stabil dan menghasilkan data yang akurat.



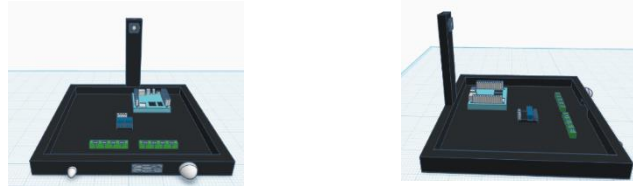
Gambar 3. Perancangan Alat

Perancangan elektronika pada sistem ini menggunakan Orange Pi Zero 3 sebagai pusat pengendali yang terhubung dengan sensor PIR, webcam, relay, dan aplikasi Blynk. Sensor PIR dan webcam digunakan untuk mendeteksi keberadaan manusia menggunakan

metode HOG, kemudian hasil pemrosesan digunakan untuk mengendalikan relay pada lampu dan kipas serta mengirimkan status sistem ke Blynk secara real-time. Seluruh rangkaian menggunakan suplai daya 5V agar sistem dapat bekerja secara otomatis dan terintegrasi.

b. Perancangan Hardware

Selain perancangan elektronika, dilakukan perancangan hardware untuk mengatur tata letak komponen agar rapi dan mudah digunakan, sehingga alat dapat berfungsi optimal dan nyaman saat dioperasikan.



Gambar 4. Perancangan Alat

Perancangan hardware pada sistem ini berfokus pada penempatan komponen seperti Orange Pi Zero 3, sensor PIR, webcam USB, relay, dan catu daya agar tersusun rapi dan dapat bekerja secara optimal. Penempatan komponen disesuaikan dengan kebutuhan sistem untuk mendukung proses deteksi manusia, pengendalian perangkat elektronik, serta monitoring melalui Blynk. Dengan rancangan tersebut, sistem dapat bekerja secara terintegrasi, stabil, dan mudah digunakan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Sensor

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap masing-masing inputan berupa sensor dan webcam yang digunakan dalam sistem untuk mengetahui karakteristik, tingkat respons, serta keakuratan dalam mendeteksi input yang diberikan. Pengujian dilakukan secara terpisah pada sensor dan webcam sebelum diintegrasikan ke dalam sistem secara keseluruhan.

1. Pengujian Sensor PIR HC SR-501 (Passive Infrared Resistor)

Pengujian sensor PIR dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi adanya gerakan manusia pada area pemantauan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beberapa kondisi pergerakan pada jarak tertentu untuk mengetahui respons sensor terhadap objek yang terdeteksi.

Tabel 1. Pengujian Sensor PIR

Jarak (m)	Sudut Objek	Kondisi Objek	Output PIR	Waktu Respons (s)	Keterangan
1 m	0°	Bergerak	HIGH	1.2	Terdeteksi
1.5 m	15°	Bergerak	HIGH	1.8	Terdeteksi
2 m	30°	Bergerak	LOW	-	Tidak Terdetek

Berdasarkan hasil pengujian, sensor PIR mampu mendeteksi pergerakan manusia dengan baik pada jarak 1 meter dan 1.5 meter dengan output HIGH. Sensor juga menunjukkan waktu respons yang cukup cepat, yaitu sekitar 1,2 detik hingga 1,8 detik setelah objek bergerak pada area deteksi. Namun, pada pengujian jarak 2 meter dengan sudut 30°, sensor menghasilkan output LOW sehingga objek tidak terdeteksi.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kemampuan deteksi sensor PIR dipengaruhi oleh jarak dan sudut objek terhadap sensor. Semakin jauh jarak dan semakin besar sudut objek, kemampuan deteksi sensor cenderung menurun. Secara keseluruhan, sensor PIR dapat bekerja dengan baik sebagai pemicu awal sistem pendeteksi keberadaan manusia sebelum dilakukan proses validasi menggunakan metode HOG.

2. Pengujian Webcam Jieli

Pengujian webcam dilakukan untuk mengetahui kemampuan kamera dalam menangkap citra dan mendeteksi keberadaan manusia menggunakan metode HOG pada area pemantauan. Pengujian dilakukan dengan beberapa variasi jarak dan posisi objek untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan deteksi manusia.

Tabel 2. Pengujian Kamera Webcam

Objek	Jarak (m)	Kondisi Cahaya	Hasil Deteksi	Waktu Proses (detik)	Keterangan
Manusia	1	Terang	Terdeteksi	1.5	Berhasil
Manusia	2	Terang	Terdeteksi	1.5	Berhasil
Kursi	0.5	Terang	Tidak	2	Sesuai
Tas	0.5	Terang	Tidak	1.2	Sesuai
Manusia	1	Redup	Tidak	2.0	Gagal

Berdasarkan hasil pengujian, webcam yang dikombinasikan dengan metode HOG mampu mendeteksi objek manusia dengan baik pada kondisi cahaya terang pada jarak 1 meter dan 2 meter. Sistem berhasil mengenali manusia dengan waktu proses sekitar 1,5 detik. Selain itu, pengujian terhadap objek non-manusia seperti kursi dan tas menunjukkan hasil tidak terdeteksi, sehingga sistem mampu membedakan objek manusia dan non-manusia dengan baik.

Namun, pada kondisi cahaya redup, sistem tidak berhasil mendeteksi manusia meskipun objek berada pada jarak 1 meter. Hasil tersebut menunjukkan bahwa performa deteksi dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan dan kualitas citra yang diterima kamera. Secara keseluruhan, webcam dan metode HOG dapat bekerja dengan baik dalam mendukung sistem pendeteksi manusia pada kondisi pencahayaan yang memadai.

B. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan membandingkan kinerja sistem tanpa webcam dan sistem dengan webcam menggunakan metode HOG dalam mendeteksi keberadaan manusia. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi deteksi, waktu respons, serta kemampuan sistem dalam mengurangi kesalahan deteksi pada berbagai kondisi pengujian.

1. Pengujian Tanpa Menggunakan Metode HOG

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam mendeteksi keberadaan manusia menggunakan sensor PIR tanpa metode HOG. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam merespons gerakan, waktu respons deteksi, serta potensi terjadinya kesalahan deteksi terhadap objek selain manusia.

Tabel 3. Pengujian Alat Tanpa HOG

Kondisi Lingkungan	Jarak (m)	Status PIR	Relay	Lampu	Kipas	Waktu Respon (detik)	Ampere (A)	Keterangan
Tidak Ada Gerakan / Orang	-	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	0	Semua Komponen Kondisi OFF karena PIR tidak mendeteksi gerakan
Ada Orang / Gerakan	0.5	ON	ON	ON	ON	1.2	0,325	Semua Komponen berjalan
Ada Orang / Gerakan	1	ON	ON	ON	ON	1.2	0,327	Semua Komponen berjalan
Ada Orang / Gerakan	1.5	ON	ON	ON	ON	1.6	0,325	Semua Komponen berjalan
Ada Orang / Gerakan	2	ON	ON	ON	ON	1.8	0,326	Semua Komponen berjalan

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel, sistem tanpa metode HOG mampu mendeteksi adanya gerakan manusia dengan baik pada jarak 0,5 meter hingga 2 meter. Ketika sensor PIR mendeteksi gerakan, relay, lampu, dan kipas dapat aktif secara otomatis. Waktu respons sistem berada pada rentang 1,2 detik hingga 1,8 detik, sedangkan arus yang digunakan relatif stabil pada kisaran 0,325 A hingga 0,327 A.

Pada kondisi tidak terdapat gerakan atau manusia, sensor PIR berada pada status OFF sehingga relay, lampu, dan kipas juga dalam kondisi OFF. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja sesuai dengan kondisi deteksi sensor. Namun, karena sistem hanya mengandalkan sensor PIR tanpa metode HOG, sistem masih berpotensi mendeteksi seluruh gerakan sebagai manusia. Secara keseluruhan, sistem dapat bekerja dengan baik sebagai pendeteksi gerakan otomatis, tetapi belum mampu melakukan validasi objek secara spesifik.

2. Pengujian Menggunakan Metode HOG

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam mendeteksi keberadaan manusia menggunakan sensor PIR dan metode HOG. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam memvalidasi objek manusia, waktu respons deteksi, serta tingkat akurasi sistem dalam membedakan manusia dan non-manusia pada berbagai kondisi pengujian.

Tabel 4. Pengujian Alat Menggunakan HOG

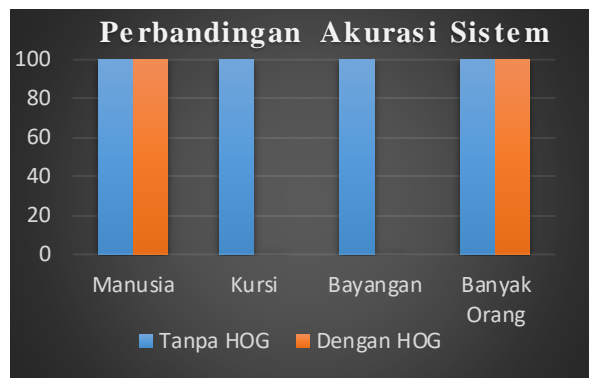
Kondisi Lingkungan	Jarak (m)	PIR	Hasil HOG	Relay	Lampu	Kipas	Waktu respon (detik)	Ampere (A)
Tidak ada Gerakan	-	OFF	-	OFF	OFF	OFF	-	-
Orang masuk	1	ON	3/3	ON	ON	ON	1.6	0.837
Orang duduk	0.5	ON	2/3	ON	ON	ON	1.4	0.814
Orang berdiri	1	ON	2/3	ON	ON	ON	1.6	0.855
Jumlah orang lebih dari 1	0.5	ON	3/3	ON	ON	ON	2.2	0.883
Orang berjalan	2	ON	1/3	OFF	OFF	OFF	1.4	-
Non Manusia	1	ON	1/3	OFF	OFF	OFF	-	0
Orang duduk lama	0.5	ON	3/3	ON	ON	ON	1.5	0.864
Area kosong 60 detik	2	-	-	OFF	OFF	OFF	-	0

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel, sistem dengan metode HOG mampu mendeteksi keberadaan manusia dengan baik pada berbagai kondisi pengujian. Ketika sensor PIR mendeteksi gerakan, webcam melakukan proses validasi menggunakan metode HOG sebelum relay, lampu, dan kipas diaktifkan. Pada kondisi orang masuk, duduk, berdiri, serta jumlah orang lebih dari satu, sistem berhasil mendeteksi manusia dengan nilai voting HOG sebesar 2/3 hingga 3/3 sehingga seluruh perangkat dapat aktif secara otomatis. Waktu respons sistem berada pada rentang 1,4 detik hingga 2,2 detik dengan penggunaan arus yang relatif stabil.

Selain itu, sistem juga mampu mengurangi kesalahan deteksi terhadap objek non-manusia. Pada pengujian bayangan atau kursi, meskipun sensor PIR mendeteksi adanya gerakan, metode HOG tidak memvalidasi objek sebagai manusia sehingga relay, lampu, dan kipas tetap dalam kondisi OFF. Pada kondisi area kosong selama 60 detik, sistem secara otomatis menonaktifkan seluruh perangkat. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan metode HOG mampu meningkatkan akurasi sistem dalam membedakan manusia dan non-manusia sehingga sistem bekerja lebih efektif dibandingkan sistem tanpa metode HOG.

3. Perbandingan Kinerja Sistem Tanpa Metode HOG dan Dengan Metode HOG

Gambar 4. Perbandingan Akurasi Deteksi

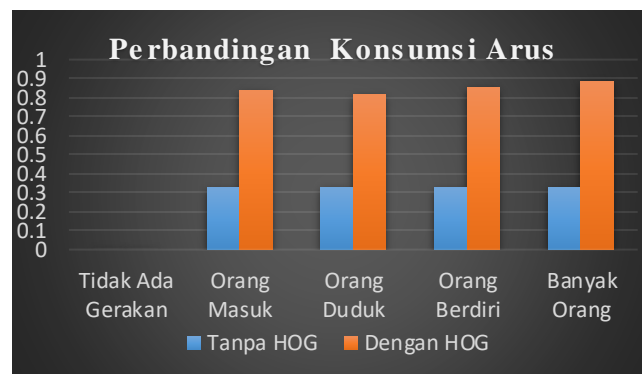


Berdasarkan grafik perbandingan akurasi, sistem tanpa metode HOG masih mendeteksi seluruh gerakan sebagai manusia karena hanya mengandalkan sensor PIR. Hal tersebut menyebabkan objek non-manusia seperti bayangan dan kursi tetap terdeteksi oleh sistem.

Sementara itu, sistem dengan metode HOG mampu melakukan validasi objek sehingga hanya objek manusia tertentu yang dapat terdeteksi. Metode HOG juga mampu mengurangi kesalahan deteksi terhadap objek non-manusia, sehingga sistem menjadi lebih akurat dibandingkan sistem tanpa metode HOG.

4. Perbandingan Konsumsi Arus Tanpa Metode HOG dan Dengan Metode HOG

Gambar 5. Perbandingan Konsumsi Arus



Berdasarkan hasil pengujian, sistem konvensional menunjukkan pola penggunaan perangkat yang aktif secara terus-menerus tanpa adanya kontrol otomatis. Sementara itu, sistem cerdas mampu mengaktifkan perangkat hanya ketika keberadaan pengguna terdeteksi oleh sensor PIR dan metode HOG.

Meskipun konsumsi arus sistem berbasis HOG lebih besar saat proses deteksi berlangsung, sistem memiliki potensi penghematan energi karena perangkat elektronik dapat dimatikan secara otomatis saat area dalam kondisi kosong (mode siaga). Dengan demikian, sistem tidak hanya meningkatkan akurasi deteksi pengguna, tetapi juga berpotensi mengurangi durasi penggunaan perangkat secara berkelanjutan dibandingkan sistem konvensional.

VII. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem halte cerdas berbasis Orange Pi Zero 3 berhasil diimplementasikan dengan integrasi sensor PIR, webcam, relay, dan platform Blynk untuk melakukan otomatisasi perangkat elektronik secara real-time. Metode Histogram of Oriented Gradients (HOG) mampu membantu proses deteksi manusia sehingga

sistem dapat membedakan objek manusia dan non-manusia dengan lebih baik dibandingkan penggunaan sensor PIR saja.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengaktifkan perangkat secara otomatis ketika pengguna terdeteksi dan menonaktifkan perangkat saat area kosong. Selain itu, penerapan metode HOG memberikan potensi pengurangan durasi penggunaan perangkat secara terus-menerus sehingga sistem dapat mendukung efisiensi penggunaan energi pada halte cerdas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing atas arahan, saran, dan bimbingan selama proses penelitian. Ucapan terima kasih turut disampaikan kepada pihak kampus, keluarga, serta teman-teman yang telah memberikan dukungan, doa, dan motivasi hingga penelitian ini selesai dan terlaksana dengan baik.

REFERENSI

- [1] A. Wisaksono and M. Umar Mokhtar, "Kontrol Lampu Otomatis Dengan Sistem Hybrid," *J. Cakrawala Ilm.*, vol. 1, no. 10, pp. 2359–2366, 2022.
- [2] J. Jamaaluddin, S. D. Ayuni, and I. A. S. Wulandari, "Design of Automatic Transfer Switch System Solar Power Plant – PLN," *J. Electr. Technol. UMY*, vol. 7, no. 2, pp. 57–64, 2024, doi: 10.18196/jet.v7i2.14651.
- [3] A. H. Falah, "IOT-Based Sumo Robot Control Using Blynk Software," *Acopen Umsida*, no. 8.5.2017, pp. 2003–2005, 2022, [Online]. Available: <https://acopen.umsida.ac.id/index.php/acopen/article/view/5976>
- [4] A. Wisaksono and M. N. Novian, "Earthquake monitoring system based on Wemos D1 Mini with notification via WhatsApp," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1104, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1104/1/012029.
- [5] J. Jamaaluddin, I. Anshory, and S. D. Ayuni, "Analysis of Overcurrent Safety in Miniature Circuit Breaker with Alternating Current," *J. Electr. Technol. UMY*, vol. 5, no. 2, pp. 68–73, 2021, doi: 10.18196/jet.v5i2.12508.
- [6] J. Jamaaluddin, I. Anshory, S. Galih R, and A. Fudholi, "Automatic Power Factor Correction Using Fuzzy Inference System And Internet Of Things," *J. FORTEI-JEERI*, vol. 6, no. 1, pp. 20–35, 2025, doi: 10.46962/forteijeeri.v6i1.28.
- [7] H. Localization, C. Wu, X. Chen, and C. Wen, "Cooperative Networked PIR Detection System for Indoor," 2021.
- [8] G. Sasi, "Motion detection using passive infrared sensor using iot," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1717, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1717/1/012067.
- [9] A. H. Falah, M. Rivai, and D. Purwanto, "Implementation of Gas and Sound Sensors on Temperature Control of Coffee Roaster Using Fuzzy Logic Method," *Proc. - 2019 Int. Semin. Intell. Technol. Its Appl. ISITIA 2019*, pp. 80–85, 2019, doi: 10.1109/ISITIA.2019.8937148.
- [10] V.-C. Nguyen, H.-T.-D. Le, and H.-T. Huynh, "Hardware System Implementation for Human Detection using HOG and SVM Algorithm," 2022, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2205.02689>
- [11] M. Attaullah, S. Dhere, and S. Hipparagi, "Real Time Face Detection and Tracking Using OpenCV," *Int. J. Res. Emerg. Sci. Technol.*, no. 4, pp. 39–43, 2017.
- [12] S. D. Ayuni, A. H. Yuwono, A. Mulyadi, S. Syahririni, and A. H. Falah, "Automated steam engine technology for eco-printing batik: Empowering community economies," *Community Empower.*, vol. 9, no. 5, pp. 797–803, 2024, doi: 10.31603/ce.10462.
- [13] I. Sulistiyowati and M. I. Muhyiddin, "Disinfectant Spraying Robot to Prevent the Transmission of the Covid-19 Virus Based on the Internet of Things (IoT)," *J. Electr. Technol. UMY*, vol. 5, no. 2, pp. 61–67, 2021, doi: 10.18196/jet.v5i2.12363.
- [14] A. Ahfas, D. Hadidjaja, S. Syahririni, and J. Jamaaluddin, "Implementation of ultra sonic sensor as a chemical percol fluid level control based on Atmega 16," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1098, no. 4, p. 042046, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1098/4/042046.
- [15] D. Hadidjaja, A. Wisaksono, A. Ahfas, S. Syahririni, and D. H. Untariningsih, "Bluetooth implementation on automation of Android-based gate doors," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1098, no. 4, p. 042061, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1098/4/042061.
- [16] S. Syahririni, D. Syamsudin, D. H. R. Saputra, and A. Ahfas, "K-Nearest Neighbor Algorithm to Identify Cucumber Maturity with Extraction of One-Order Statistical Features and Gray-Level Co-Occurrence," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 819, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/819/1/012010.

- [17] I. ANSHORY, I. ROBANDI, J. Jamaaluddi, A. FUDHOLI, and WIRAWAN, "Transfer function modeling and optimization speed response of bldc motore-bike using intelligent controller," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 16, no. 1, pp. 305–324, 2021.
- [18] I. Hanafi, F. Hunaini, and D. Siswanto, "Monitoring And Control System Of Industrial Electric Motors Using The Internet Of Things Sistem Monitoring Dan Kontrol Motor Listrik Industri Menggunakan Internet Of Things (Iot)," *J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 64–78, 2023.
- [19] I. Iswanto, F. Hunaini, and D. U. Effendy, "Prototype Monitoring and Controlling of Wastewater Treatment Plant (WWTP) on IoT-Free Output Channels," *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.)*, vol. 7, no. 1, pp. 40–63, 2023, doi: 10.21070/jeeeu.v7i1.1660.
- [20] R. Prasyayudha, S. Setyawidayat, and F. Hunaini, "Effectiveness of Minor Overhaul Elimination on Decreasing Cost of Production in Hydroelectric Power Plant," *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.)*, vol. 5, no. 1, pp. 71–88, 2021, doi: 10.21070/jeeeu.v5i1.1228.
- [21] Fayrus and A. Slamet, *Model Penelitian Pengembangan (Rn D)*. 2022.
- [22] H. Anggono, J. F. Palandi, B. K. Kristanto, and Z. E. Pudyastuti, "Sistem Deteksi Kehadiran Manusia dalam Ruangan Menggunakan Algoritma Histogram of Oriented Gradients," *Smatika J.*, vol. 15, no. 01, pp. 240–247, 2025, doi: 10.32664/smatika.v15i01.2077.

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.