

Automatic Light Control System for Bathroom Using Arduino Uno

Sistem Kontrol Lampu Otomatis Pada Kamar Mandi Berbasis Arduino Uno

Ripo Winda Kusuma^{1*}, Delsina Faiza¹, Thamrin¹, Sartika Anori¹

¹Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Indonesia

✉ *Corresponding Author: ripokusuma9@gmail.com

This article contributes to:



ABSTRACT

This study aims to design and develop an Arduino Uno microcontroller-based automated system for controlling lighting and ventilation to minimize energy waste associated with user inattention in deactivating electronic devices. Using a Passive Infrared Receiver (PIR) sensor, the system detects human presence within a room and automatically activates or deactivates lighting and fans, optimizing energy consumption in real-time. The methodology follows the Research and Development (R&D) framework, encompassing four stages: (1) requirement analysis to identify key system functionalities and component specifications, (2) system design using flowcharts and block diagrams to outline hardware-software integration, (3) hardware assembly involving Arduino Uno, PIR sensors, and relay modules, and (4) functional testing for validating system accuracy in real-world conditions, specifically in human detection range and energy efficiency. The results indicate that the proposed system achieves an 8-meter detection range with high accuracy, aligning well with existing technologies in energy management for enclosed spaces. Compared to similar systems that utilize alternative microcontrollers or sensors, the Arduino Uno-based approach offers a cost-effective solution with comparable detection reliability and reduced energy waste, suitable for both residential and small commercial applications. The system's capability to consistently reduce electricity consumption highlights its practical application in energy-saving initiatives, particularly within the context of increasing global energy demands. This research demonstrates that automated systems using accessible microcontroller technology like Arduino Uno can provide a significant impact in the field of energy-efficient automation.

Keywords: Automated Control; Energy Efficiency; Smart Home Technology; Arduino Uno; PIR-Based Detection

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem otomatis berbasis mikrokontroler *Arduino Uno* untuk mengontrol pencahayaan dan ventilasi guna meminimalkan pemborosan energi yang disebabkan oleh kelalaian pengguna dalam mematikan perangkat elektronik. Dengan menggunakan sensor *Passive Infrared Receiver (PIR)*, sistem ini mendeteksi keberadaan manusia di dalam ruangan dan secara otomatis mengaktifkan atau menonaktifkan pencahayaan dan kipas angin, sehingga mengoptimalkan konsumsi energi secara *real-time*. Metodologi penelitian mengikuti kerangka kerja *Research and Development (R&D)* yang meliputi empat tahap: (1) analisis kebutuhan untuk mengidentifikasi fungsi sistem utama dan spesifikasi komponen, (2) desain sistem menggunakan *flowchart* dan *diagram blok* untuk menjelaskan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, (3) perakitan perangkat keras yang

melibatkan *Arduino Uno*, sensor *PIR*, dan modul *relay*, serta (4) pengujian fungsional untuk memvalidasi akurasi sistem dalam kondisi dunia nyata, khususnya dalam jangkauan deteksi manusia dan efisiensi energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan mampu mencapai jangkauan deteksi hingga 8 meter dengan tingkat akurasi tinggi, sejalan dengan teknologi manajemen energi yang ada pada ruang tertutup. Dibandingkan dengan sistem serupa yang menggunakan mikrokontroler atau sensor alternatif, pendekatan berbasis *Arduino Uno* ini menawarkan solusi yang efektif dari segi biaya dengan keandalan deteksi yang setara dan pengurangan pemborosan energi, cocok untuk penggunaan di area residensial dan komersial kecil. Kemampuan sistem untuk secara konsisten mengurangi konsumsi listrik menyoroti aplikasi praktisnya dalam inisiatif penghematan energi, terutama dalam konteks peningkatan kebutuhan energi global. Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem otomatis berbasis mikrokontroler yang mudah diakses, seperti *Arduino Uno*, dapat memberikan dampak signifikan dalam bidang otomasi hemat energi.

Kata kunci: Kontrol Otomatis; Efisiensi Energi; Teknologi Rumah Pintar; Arduino Uno; Deteksi Berbasis PIR

Received: Mar. 01, 2024; **Revised:** Mar. 24, 2024; **Accepted:** Apr. 08, 2024; **Published:** Oct. 31, 2024.

How to Cite: Kusuma, R. W., Faiza, D., Thamrin, & Anori, S. (2024). Automatic Light Control System for Bathroom Using Arduino Uno. *Journal of Hypermedia & Technology-Enhanced Learning (J-HyTEL)*, 2(3), 229–244. <https://doi.org/10.58536/j-hytel.v2i3.134>

Published by Sagamedia Teknologi Nusantara.

The content of this publication has not been approved by the United Nations and does not reflect the views of the United Nations.

© The Author(s) 2024 | This is an open-access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, kemajuan ilmu dan teknologi menjadi semakin pesat. Namun, hal ini juga diiringi dengan peningkatan kebutuhan akan energi, terutama energi listrik, untuk menjaga mobilitas dan mendukung berbagai aktivitas manusia sehari-hari [1]. Energi listrik telah menjadi kebutuhan yang sangat vital dalam hampir semua aspek kehidupan manusia saat ini, mencakup beragam aktivitas mulai dari yang paling sederhana hingga yang paling kompleks. Lampu merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Lampu telah digunakan di berbagai tempat seperti jalanan, teras, rumah, toilet, dan masih banyak lagi. Fungsinya sebagai penerangan sangat vital, terutama di tempat-tempat yang gelap, karena kekurangan cahaya dapat mengganggu kemampuan seseorang untuk melihat dengan jelas. Oleh karena itu, penempatan lampu di berbagai lokasi sangatlah penting untuk memastikan bahwa seseorang dapat melihat dengan baik di berbagai kondisi pencahayaan [2].

Sebagian besar alat yang digunakan saat ini dikendalikan secara manual dengan menggunakan saklar untuk menyalakan dan mematikan perangkat tersebut. Namun, seringkali orang yang memasuki ruangan gelap harus mencari saklar untuk menyalakan lampu, dan orang yang meninggalkan ruangan sering kali lupa atau malas untuk mematikan lampu. Kebiasaan ini dapat mengakibatkan pemborosan energi listrik jika dibiarkan terus-menerus dalam jangka waktu yang lama. Hal ini disebabkan oleh kurangnya rasa memiliki dan kecenderungan untuk malas mematikan lampu setelah penggunaannya [3].

Untuk mengatasi masalah pemborosan energi listrik yang disebabkan oleh kebiasaan manusia yang lupa mematikan lampu setelah penggunaannya, diperlukan pengembangan sebuah sistem kendali lampu

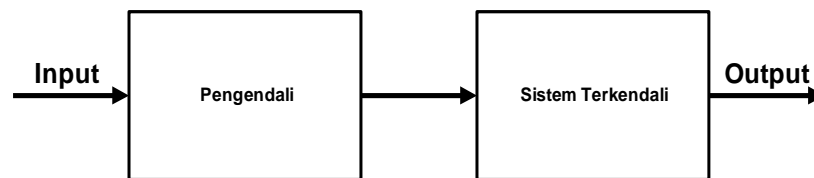
penerangan secara otomatis. Salah satu solusi teknologi yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah ini adalah dengan memanfaatkan sistem energi alternatif. Oleh karena itu, dirancanglah suatu sistem sensor otomatis yang menggunakan sensor dan mikrokontroler untuk mengontrol lampu ketika terdeteksi adanya seseorang di dalam ruangan. Mikrokontroler, yang merupakan subsistem dari sistem komputer yang terintegrasi dalam sebuah IC atau sering disebut sebagai chip, menjadi komponen kunci dalam sistem ini. Pada penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno. Sensor gerak yang digunakan adalah sensor PIR (*Passive Infrared*). Sensor ini mampu mendeteksi radiasi inframerah yang dipancarkan oleh tubuh manusia, sehingga dapat mengidentifikasi kehadiran seseorang di dalam ruangan [4], [5].

Perangkat ini dirancang dengan tujuan untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik dengan cara mengalirkan listrik saat seseorang masuk ke ruangan dan memutus pasokan listrik secara otomatis saat ruangan ditinggalkan. Dengan demikian, diharapkan dapat mengurangi pemborosan energi listrik yang disebabkan oleh kebiasaan penggunaan yang tidak efisien [6].

2. LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Kendali Loop Terbuka (*Open Loop System*)

Sistem kontrol loop terbuka memiliki keuntungan berupa kesederhanaan dan biaya yang rendah, serta reliabilitas yang umumnya cukup baik. Namun, kelemahannya adalah kurangnya akurasi karena tidak ada koreksi terhadap gangguan yang mempengaruhi keluaran sistem. Dalam sistem kontrol loop terbuka, sinyal keluaran tidak dikoreksi berdasarkan error yang terjadi. Berikut adalah diagram blok dari sistem kontrol loop terbuka:

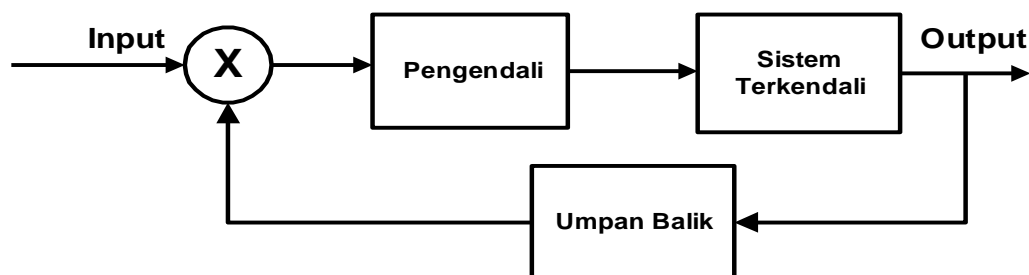


Gambar 1. Diagram blok Sistem kontrol *loop* terbuka

Gambar 1 menunjukkan hubungan antara masukan dan keluaran dari sistem kendali loop terbuka. Pada sistem kendali loop terbuka, hasil keluaran tidak digunakan untuk membandingkan umpan balik dengan masukan. Sebagai gantinya, setiap masukan acuan berhubungan dengan kondisi operasi tertentu sesuai dengan kalibrasi sistem. Oleh karena itu, ketika terjadi gangguan, sistem kendali loop terbuka tidak dapat mengoreksi keluaran sesuai dengan harapan. Sistem kendali loop terbuka hanya dapat digunakan jika hubungan antara masukan dan keluaran diketahui dan tidak ada gangguan internal maupun eksternal.

2.1. Sistem Kendali Loop Tertutup (*Close Loop System*)

Sistem kendali loop tertutup adalah sistem kontrol di mana sinyal keluarannya langsung memengaruhi tindakan pengendalian. Ini juga dikenal sebagai sistem kendali berumpan balik. Sinyal kesalahan penggerak, yaitu selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik, diumpangkan ke kontroler untuk mengurangi kesalahan dan mendekati keluaran yang diinginkan. Dengan menggunakan umpan balik ini, kesalahan sistem dapat diminimalkan. Diagram blok dari sistem kendali loop tertutup ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. Diagram blok Sistem kontrol *loop* tertutup

Pada **Gambar 2** terlihat hubungan antara masukan dan keluaran dari sistem kontrol tertutup. Jika manusia bertindak sebagai operator, ia akan memastikan sistem tetap berada pada keadaan yang diinginkan. Ketika terjadi perubahan dalam sistem, manusia akan mengambil langkah awal untuk menyesuaikan sehingga sistem kembali bekerja pada keadaan yang diinginkan. Di sisi lain, jika kontroler otomatis menggantikan peran manusia sebagai operator, sistem kontrol menjadi otomatis, yang dikenal sebagai sistem kontrol otomatis berumpan balik atau sistem kendali *loop* tertutup. Sebagai contoh, adalah pengaturan temperatur.

2.3. Arduino Uno

Arduino UNO Atmega 328 merupakan sebuah chip mikrokontroler 8-bit yang didasarkan pada arsitektur AVR-RISC yang diproduksi oleh Atmel. Chip ini dilengkapi dengan 32 KB memori flash ISP yang dapat dibaca/ditulis, 1 KB *EEPROM*, serta 2 KB *SRAM* [7]. Untuk mengoperasikannya, Anda hanya perlu menghubungkan modul Arduino UNO dengan PC menggunakan kabel *USB* atau adaptor *DC* [8]. Arduino UNO memiliki total 14 pin input/output, di mana 6 pin dapat digunakan sebagai output *PWM*, dan 6 input analog. Selain itu, Arduino UNO dilengkapi dengan osilator kristal 16 MHz, koneksi *USB*, jack daya, kepala *ICSP*, dan tombol *reset*.

Arduino UNO memiliki keunggulan tersendiri dibandingkan dengan papan mikrokontroler lainnya. Selain menjadi open source, Arduino UNO juga menggunakan bahasa pemrograman sendiri dalam bentuk bahasa C [9]. Keberadaan bahasa pemrograman yang konsisten memudahkan pengguna untuk mengembangkan dan memahami kode program. Selain itu, Arduino UNO dilengkapi dengan pengisi daya dalam bentuk *USB* yang memudahkan proses pemrograman. Dengan adanya port *USB* ini, pengguna dapat langsung memasukkan program ke dalam mikrokontroler tanpa perlu menggunakan sirkuit loader terpisah, yang seringkali diperlukan oleh beberapa papan mikrokontroler lainnya [10]. Selain sebagai sirkuit loader, port *USB* pada Arduino UNO juga dapat digunakan sebagai port komunikasi serial [11].

Pada **Gambar 3**, terlihat bentuk fisik dari Arduino Uno. Arduino sendiri adalah platform open-source yang digunakan untuk pemrograman elektronik, terdiri dari sebuah papan sirkuit yang dapat diprogram secara fisik (mikrokontroler) serta perangkat lunak. Meskipun memerlukan waktu untuk melakukan pengkodean sistem Arduino, fitur ini meningkatkan fleksibilitas sistem dengan memberikan lebih banyak ruang bagi kreativitas dan inovasi dalam pengelolaan proyek. Pemrograman mikrokontroler Arduino tidak hanya mudah dalam hal instalasi dibandingkan dengan sistem kontrol lainnya, tetapi juga memiliki biaya awal dan pemeliharaan yang rendah [12].



Gambar 3. Arduino Uno

2.4. Sensor *PIR* (Passive Infrared receiver)

Passive Infrared Receiver (*PIR*) merupakan sensor elektronik yang mengukur cahaya inframerah yang dipancarkan oleh objek di sekitarnya. Prinsip kerja sistem cerdas ini adalah bahwa sensor *PIR* akan mendeteksi kehadiran orang melalui suhu tubuh dan gerakan manusia di dalam satu ruangan. Komputer akan merespons kehadiran orang untuk menyalakan dan mematikan lampu seperti saklar. Sensor ini digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi, termasuk lampu otomatis dan alarm keamanan. Meskipun memiliki kemampuan untuk melacak pergerakan objek, sensor *PIR* tidak dapat memberikan informasi rinci tentang objek tersebut [13].



Gambar 4. Sensor *PIR*

Terlihat pada Gambar 4 di atas merupakan bentuk fisik sensor *PIR*. Sesuai dengan namanya 'Passive', sensor ini hanya merespon energi dari pancaran sinar inframerah pasif yang dimiliki oleh setiap benda yang terdeteksi olehnya. Benda yang bisa dideteksi oleh sensor ini biasanya adalah tubuh manusia. Sensor *PIR* terutama digunakan untuk mendeteksi gerakan dengan mengukur setiap perubahan dalam tingkat InfraRed yang dipancarkan oleh objek. Perangkat piroelektrik memiliki elemen yang terbuat dari bahan kristal, yang berarti mereka menghasilkan arus listrik ketika terkena radiasi inframerah. Perubahan dalam jumlah inframerah yang jatuh pada perangkat tersebut kemudian mengubah tegangan yang dihasilkan. Hasil sensor biasanya tinggi ketika mendeteksi gerakan [14].

2.5. Limit Switch

Limit Switch (saklar pembatas) adalah saklar atau perangkat elektromekanis yang dilengkapi dengan tuas aktuator yang berfungsi sebagai pengubah posisi kontak terminal. Saklar ini dapat beralih dari kondisi normal terbuka (normally open/NO) ke kondisi normal tertutup (normally closed/NC), atau sebaliknya, tergantung pada posisi aktuator.



Gambar 5. Limit Switch

Bentuk fisik dari komponen limit switch dapat dilihat pada Gambar 5. Limit switch termasuk dalam kategori sensor mekanis, yang menghasilkan perubahan sinyal listrik saat terjadi perubahan mekanis pada sensor tersebut. Fungsinya umumnya sebagai sensor posisi untuk mendeteksi pergerakan atau posisi suatu benda atau objek.

2.6. LCD Display 16x2

Perangkat layar LCD sederhana yang sering digunakan adalah layar 16x2, yang artinya layar tersebut dapat menampilkan 16 karakter per baris dan memiliki 2 baris teks. Modul LCD seperti ini sangat umum digunakan dalam berbagai proyek terkait sistem terbenam karena biayanya yang terjangkau, kemudahan konfigurasi, dan ketersediaannya di pasaran [15].



Gambar 5. Komponen LCD

Gambar 6 menampilkan bentuk fisik dari LCD, yang merupakan komponen yang dapat menjadi bagian penting dari berbagai aplikasi, termasuk menampilkan kecepatan objek yang bergerak secara real-time. LCD memiliki keunggulan ukuran yang lebih kecil dan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan LED dan tabung sinar elektron. Ini membuatnya menjadi pilihan yang baik dalam berbagai aplikasi ilmu pengetahuan dan teknik di bidang listrik. Selain itu, LCD menawarkan kontras yang sangat baik dan konsumsi daya yang rendah, dengan menggunakan *microwatt* untuk tampilan, dibandingkan dengan daya yang dikonsumsi oleh LED yang lebih tinggi.

2.7. Modul *Relay*

Modul *relay* daya adalah perangkat yang menggunakan elektromagnet untuk membuka atau menutup sirkuit ketika inputnya diaktifkan secara tepat. Salah satu jenis *relay* daya yang umum digunakan adalah *relay* gula kotak. Ketika tegangan *DC* diberikan ke dua terminal elektromagnetnya, saklar akan berpindah dari posisi NC (Normally Closed) ke posisi NO (Normally Open). Sebagai contoh, *relay* 6V akan dioperasikan dengan memberikan pasokan 6V ke elektromagnetnya, sedangkan *relay* 12V memerlukan pasokan 12V untuk dioperasikan [16].



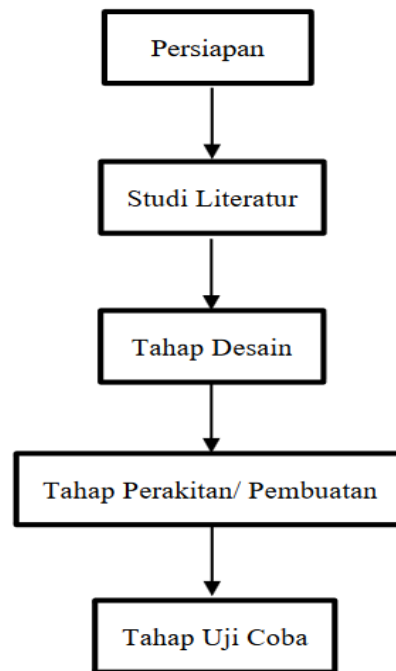
Gambar 7. Modul *Relay*

Pada Gambar 7, terlihat bentuk fisik dari modul *relay*. *Relay* ini memiliki 5 pin, dimana tiga di antaranya berfungsi sebagai terminal tegangan tinggi (NC, COM, dan NO) yang berhubungan dengan perangkat yang akan dikendalikan. Jaringan listrik masuk ke *relay* melalui terminal umum (COM). Penggunaan terminal NC dan NO ditentukan oleh apakah Anda ingin menghidupkan atau mematikan perangkat. Modul ini, yang dirancang khusus untuk Arduino, memungkinkan pengendalian perangkat berdaya tinggi. Setiap saluran *relay* mampu menangani hingga 10A pada 250VAC atau 30VDC.

3. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan (Research and Development atau R&D). Metode ini dimulai dengan studi lapangan untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada serta kebutuhan yang harus dipenuhi. Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, perangkat atau alat dikembangkan dan diimplementasikan dengan mengedepankan inovasi untuk menciptakan solusi yang efektif.

Tahap selanjutnya adalah pembuatan dan perancangan alat peraga yang disertai dengan pengujian untuk memastikan fungsionalitasnya. Setelah alat peraga selesai dirancang dan diuji, tahap terakhir adalah perakitan alat peraga, yang menandai penyelesaian proses pengembangan. Metode R&D ini digunakan untuk menghasilkan pengetahuan baru, aplikasi, serta produk yang inovatif dan relevan dalam konteks penelitian ini [18].



Gambar 8. Flowchart metode

3.1. Persiapan

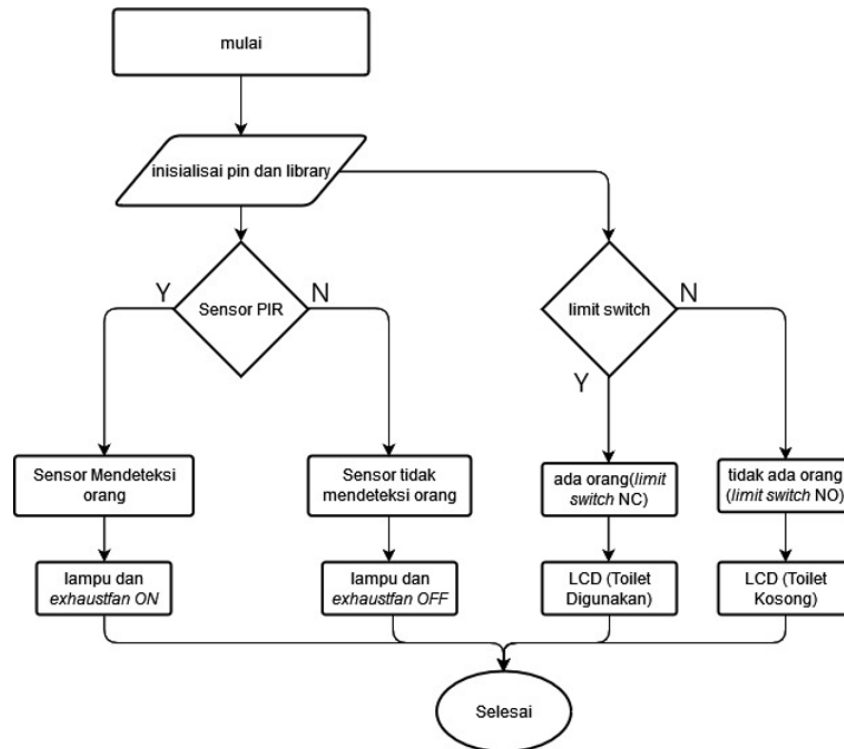
Pada tahap ini, dilakukan proses identifikasi masalah diikuti dengan perumusan masalah yang lebih spesifik. Selain itu, dilakukan persiapan alat dan bahan yang diperlukan untuk pengembangan alat bantu mengajar. Komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan desain alat bantu mengajar meliputi: Arduino UNO yang berfungsi sebagai komponen pengendali program elektronik; Sensor *PIR* yang digunakan sebagai input untuk mendeteksi orang yang memasuki kamar mandi; Limit Switch yang terhubung dengan pengunci pintu sebagai input informasi status kamar mandi; Modul *relay* 2 channel yang berfungsi sebagai saklar untuk menjalankan output dari rangkaian; kabel jumper yang digunakan sebagai konektor untuk menghubungkan komponen elektronik selain Arduino ke papan; bohlam yang berfungsi sebagai output dari rangkaian; dan kipas *DC* (Fan *DC*) yang juga digunakan sebagai output dari rangkaian. Semua komponen ini bekerja secara terpadu untuk mendukung fungsi alat bantu mengajar yang dirancang.

3.2. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur, dilakukan kajian mendalam terhadap sumber-sumber ilmiah yang relevan dengan topik penelitian. Studi literatur bertujuan untuk memahami teori-teori, konsep-konsep, serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan permasalahan yang sedang diteliti. Melalui tahapan ini, peneliti dapat mengidentifikasi celah penelitian, menemukan solusi potensial yang telah diterapkan dalam konteks serupa, serta mendapatkan landasan teoretis yang kuat untuk mendukung pengembangan perangkat atau alat yang akan dibuat. Selain itu, studi literatur juga memberikan wawasan tentang teknologi terbaru, metodologi yang tepat, serta pendekatan inovatif yang dapat diterapkan dalam proses pengembangan dan implementasi alat bantu mengajar. Hasil dari studi literatur ini menjadi pijakan penting dalam merumuskan desain, metode, dan langkah-langkah pengembangan selanjutnya.

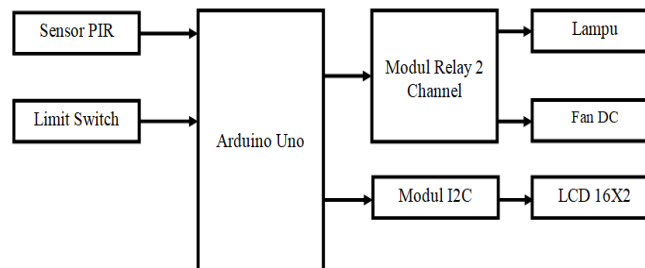
3.3. Tahap Desain

Pada tahap desain, sistem dirancang menggunakan berbagai metode pemodelan, seperti *flowchart* untuk menggambarkan alur kerja dan blok diagram untuk memvisualisasikan komponen utama sistem. Selain itu, desain perangkat keras dan perangkat lunak juga disusun secara paralel. **Gambar 9** menunjukkan *flowchart* keseluruhan dari sistem pengontrolan rangkaian, yang menggambarkan urutan proses dari input hingga output.



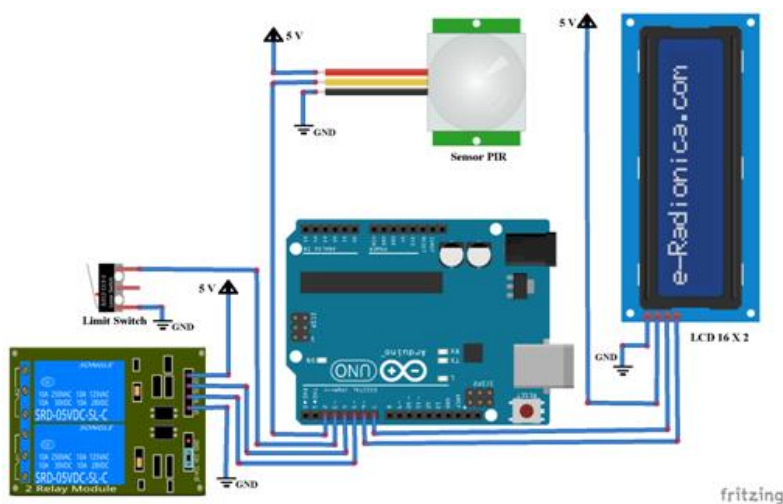
Gambar 9. *Flowchart* pengontrolan sistem rangkaian

Blok diagram sistem dibuat untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai hubungan antar komponen dalam sistem. Pada **Gambar 10**, ditampilkan blok diagram sistem kontrol lampu otomatis. Sistem ini dikendalikan oleh Mikrokontroler Arduino Uno R3, yang berfungsi sebagai pusat kendali utama. Proses dimulai ketika sensor *PIR* mendeteksi keberadaan pengguna melalui pancaran radiasi inframerah. Data yang terdeteksi oleh sensor dikirimkan ke mikrokontroler untuk diproses. Setelah pemrosesan selesai, mikrokontroler mengaktifkan *relay* yang bertugas menyalakan lampu dan exhaust fan secara otomatis.



Gambar 10. Blok diagram sistem kontrol lampu otomatis

Sebelum memasuki tahap perakitan komponen perangkat keras, dilakukan perancangan perangkat lunak terlebih dahulu untuk memvalidasi skema desain. Desain ini dibuat menggunakan aplikasi *Fritzing*, yang memberikan visualisasi rinci tentang tata letak dan koneksi antar komponen. **Gambar 11** menunjukkan skema desain yang dihasilkan menggunakan aplikasi *Fritzing*, yang berfungsi sebagai acuan dalam tahap perakitan berikutnya.



Gambar 11. Desain menggunakan aplikasi *fritzing*

3.4. Tahap Perakitan

Pada tahap perakitan, semua komponen perangkat keras yang telah didesain sebelumnya dirakit menjadi satu sistem yang utuh. Proses perakitan dimulai dengan menyusun komponen utama, seperti Mikrokontroler Arduino Uno R3, sensor *PIR*, limit switch, *relay*, serta perangkat output seperti lampu dan kipas *DC* (exhaust fan). Masing-masing komponen dihubungkan sesuai dengan skema yang telah dibuat pada tahap desain menggunakan aplikasi *Fritzing*.

Kabel jumper digunakan sebagai konektor untuk menghubungkan komponen elektronik satu sama lain serta ke papan Arduino. Perakitan ini dilakukan dengan cermat untuk memastikan semua koneksi terpasang dengan benar dan sesuai dengan desain awal, sehingga sistem dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Setelah semua komponen terpasang, dilakukan pengujian awal untuk memastikan bahwa rangkaian berfungsi dengan baik, seperti menyalakan lampu dan kipas saat sensor *PIR* mendeteksi adanya pengguna. Jika ditemukan masalah selama uji coba, dilakukan penyesuaian atau perbaikan pada koneksi dan komponen untuk memastikan performa optimal sebelum melanjutkan ke tahap pengujian lebih lanjut.

2.5. Tahap Uji coba

Pada tahap uji coba, sistem yang telah dirakit diuji untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik sesuai dengan rancangan. Pengujian dilakukan untuk memverifikasi apakah sensor *PIR* dapat mendeteksi keberadaan pengguna dengan akurat dan apakah data yang dikirimkan ke mikrokontroler diproses dengan benar. Sistem diuji dalam skenario nyata untuk menilai respons dari *relay* yang mengendalikan lampu dan kipas,

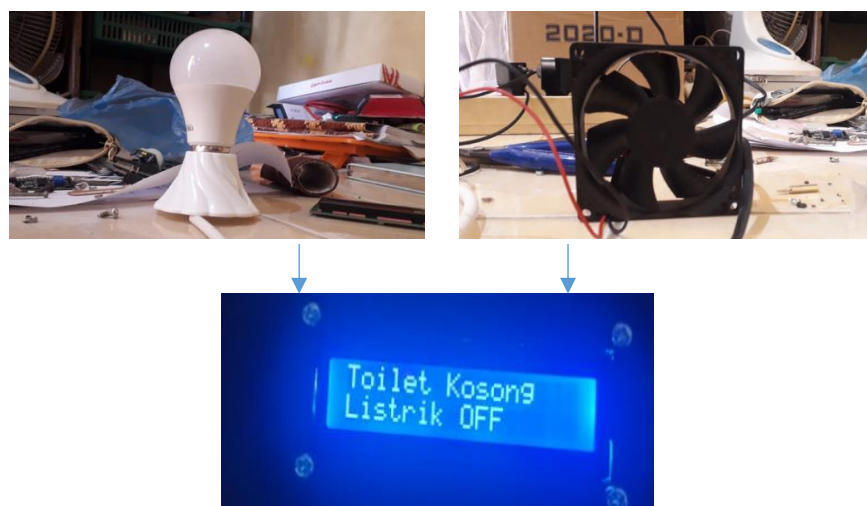
memastikan bahwa kedua perangkat output tersebut menyala dan mati secara otomatis sesuai dengan deteksi sensor.

Uji coba dilakukan secara berulang untuk memeriksa konsistensi performa sistem, termasuk kecepatan respons sensor dan kestabilan komponen elektronik. Jika ditemukan kesalahan atau ketidaksesuaian dalam kinerja, dilakukan evaluasi dan modifikasi pada perangkat keras maupun perangkat lunak untuk memperbaiki fungsi sistem. Tujuan utama dari tahap uji coba ini adalah untuk memastikan bahwa sistem berfungsi dengan optimal dan siap digunakan dalam kondisi sebenarnya tanpa adanya gangguan atau malfungsi.

4. HASIL

4.1. Hasil Perakitan

Pada [Gambar 12](#), ditampilkan hasil perakitan dari sistem yang telah dirancang. *Prototype* ini mencakup semua komponen yang terintegrasi, termasuk Mikrokontroler Arduino Uno R3, sensor *PIR*, *relay*, lampu, dan kipas *DC*, yang dirakit sesuai dengan skema yang telah dirancang sebelumnya. Prototipe ini menunjukkan sistem dalam bentuk fisik yang siap untuk diuji coba lebih lanjut guna memastikan fungsionalitas dan stabilitasnya dalam kondisi nyata.

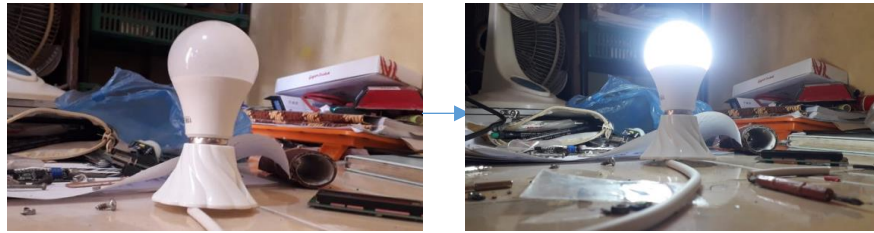


Gambar 12. Hasil Perakitan (*prototype*)

4.2. Hasil Pengujian

4.2.1. Pengujian Lampu

Pengujian lampu dilakukan untuk memverifikasi fungsi otomatisasi sistem berdasarkan deteksi sensor *PIR*. [Gambar 13](#) menunjukkan kondisi di mana lampu tidak menyala, yang terjadi ketika sensor *PIR* tidak mendeteksi keberadaan manusia di area sekitar. Kegagalan deteksi ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk jarak atau posisi sensor yang tidak optimal, adanya gangguan lingkungan, atau potensi kerusakan pada sensor *PIR*. Karena tidak ada sinyal yang diterima dari sensor, sistem tidak mengaktifkan lampu.

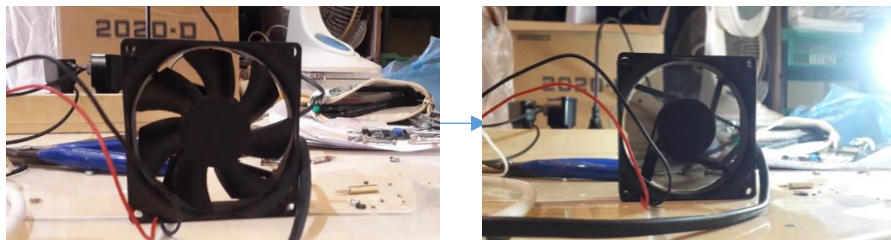


Gambar 13. Pengujian Lampu

Sebaliknya, kondisi lampu menyala setelah sensor *PIR* mendeteksi keberadaan manusia. Setelah manusia meninggalkan area deteksi, sensor *PIR* berhenti mengirimkan sinyal, dan sistem secara otomatis mematikan lampu. Hal ini menunjukkan bahwa sistem otomatisasi berfungsi dengan baik, menyalakan dan mematikan lampu berdasarkan input dari sensor *PIR*.

4.2.2. Pengujian Kipas

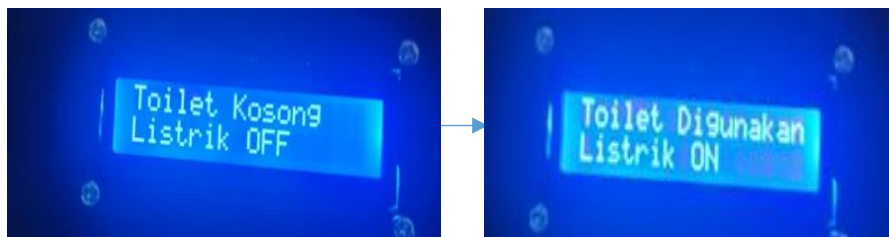
Pengujian kipas dilakukan dengan mekanisme serupa. Pada **Gambar 14**, terlihat bahwa kipas tidak menyala, yang terjadi ketika sensor *PIR* tidak mendeteksi adanya kehadiran manusia di sekitarnya. Karena tidak ada sinyal deteksi, sistem tidak mengaktifkan kipas. Sebaliknya, kipas akan menyala ketika sensor *PIR* mendeteksi kehadiran manusia. Kipas berfungsi sebagai bagian dari sistem ventilasi otomatis, yang dinyalakan ketika sensor mendeteksi adanya orang. Begitu sensor *PIR* berhenti mendeteksi kehadiran manusia, sistem mematikan kipas. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kontrol kipas berfungsi sesuai rancangan.



Gambar 14. Pengujian Kipas

4.2.3. Pengujian LCD

Pengujian *LCD* dilakukan untuk memastikan bahwa limit switch berfungsi dengan baik dalam memberikan status penggunaan kamar mandi. Pada **Gambar 15**, pintu berada dalam kondisi belum terkunci, menyebabkan limit switch berada dalam posisi *Normally Open (NO)*. Dalam keadaan ini, sinyal dari limit switch tidak terputus, dan mikrokontroler mengartikan kondisi ini sebagai "Toilet Kosong".



Gambar 15. Pengujian Kipas

Sebaliknya, ketika pintu berada dalam kondisi terkunci, *limit switch* berada dalam posisi *Normally Closed (NC)*. Hal ini menyebabkan sinyal dari *limit switch* terputus, dan mikrokontroler menafsirkan kondisi ini sebagai "Toilet

Digunakan". Hasil ini menunjukkan bahwa sistem pendeteksian status pintu berfungsi dengan baik, mampu mengidentifikasi kondisi terkunci atau tidak terkunci secara akurat dan memberikan informasi status yang sesuai.

4.2.4. Pengujian Sensor PIR

Pengujian karakterisasi sensor PIR dilakukan untuk mengevaluasi kinerjanya dalam mendeteksi keberadaan manusia pada berbagai jarak. Sensor PIR adalah sensor digital yang menghasilkan dua nilai keluaran, yaitu tinggi (High/1) ketika mendeteksi objek, dan rendah (Low/0) ketika tidak ada deteksi. Tabel 1 menunjukkan hasil karakterisasi sensor PIR berdasarkan jarak objek terhadap sensor.

Tabel 1. Hasil Karakterisasi Tegangan Output Sensor PIR

Jarak Objek (m)	Kondisi Sensor PIR	Tegangan Output (V)
0.3	High	3.242
1.0	High	3.242
2.0	High	3.242
3.0	High	3.242
4.0	High	3.242
5.0	High	3.242
6.0	High	3.242
7.0	High	3.242
8.0	High	3.242
9.0	Low	0

Dari hasil pengujian, sensor PIR tetap aktif (High) dan menghasilkan tegangan keluaran sebesar 3.242 V hingga jarak 8 meter. Pada jarak 9 meter, sensor beralih ke kondisi non-aktif (Low) dengan tegangan keluaran 0 V. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor PIR memiliki kemampuan deteksi yang stabil hingga jarak 8 meter.

4. PEMBAHASAN

Pada tahap ini, dilakukan pembahasan mendalam mengenai hasil pengujian sistem yang telah dijelaskan sebelumnya. Setiap komponen diuji secara menyeluruh untuk memastikan bahwa fungsionalitasnya sesuai dengan rancangan awal dan dapat beroperasi dengan baik dalam kondisi nyata. Selain itu, hasil-hasil pengujian dievaluasi berdasarkan kriteria efektivitas dan efisiensi energi, yang bertujuan untuk menilai kinerja sistem secara keseluruhan dalam mengurangi pemborosan energi listrik.

4.1. Kinerja Sistem Otomatisasi Lampu dan Kipas

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem otomatisasi lampu dan kipas bekerja sesuai dengan desain. Sensor PIR mampu mendeteksi kehadiran manusia dengan akurat hingga jarak 8 meter, dan respons dari mikrokontroler terhadap sinyal deteksi dari sensor PIR sangat cepat. Pada saat sensor PIR mendeteksi keberadaan manusia, lampu dan kipas dinyalakan secara otomatis. Ketika tidak ada deteksi, sistem mematikan kedua output ini. Hal ini menunjukkan bahwa fungsi otomatisasi dalam pengaturan lampu dan kipas telah bekerja dengan baik.

Namun, ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan, seperti sensitivitas sensor PIR terhadap gangguan lingkungan. Pada beberapa uji coba, faktor-faktor eksternal seperti gerakan di luar area deteksi atau gangguan elektromagnetik dapat mempengaruhi kinerja sensor. Penempatan sensor yang tepat dan pengaturan sensitivitas dapat membantu meminimalkan gangguan ini dan meningkatkan akurasi deteksi.

4.2. Sistem Deteksi Status Pintu

Sistem deteksi status pintu yang menggunakan *limit switch* terbukti berfungsi dengan baik dalam uji coba. Berdasarkan hasil pengujian, sistem ini mampu mendeteksi kondisi pintu terkunci dan tidak terkunci dengan akurat, dan informasi tersebut diteruskan ke mikrokontroler untuk ditampilkan pada layar LCD. Tampilan status "Toilet Kosong" dan "Toilet Digunakan" di LCD memberikan informasi yang jelas dan *real-time* mengenai penggunaan kamar mandi, sehingga pengguna dapat langsung mengetahui status ruang tersebut.

Meskipun sistem telah menunjukkan kinerja yang baik, masih terdapat peluang untuk meningkatkan akurasi deteksi posisi *limit switch*. Posisi pemasangan *limit switch* sebaiknya diatur dengan presisi tinggi agar perubahan status pintu dapat dideteksi secara tepat tanpa menimbulkan keterlambatan atau kesalahan dalam pembacaan status. Dengan penyesuaian posisi ini, sistem diharapkan dapat beroperasi dengan lebih andal dan memberikan informasi yang konsisten pada layar LCD.

4.3. Karakterisasi Sensor PIR

Karakterisasi sensor PIR menunjukkan bahwa sensor ini mampu mendeteksi keberadaan manusia hingga jarak maksimal 8 meter dengan tegangan keluaran stabil di angka 3.242 V dalam kondisi aktif. Pada jarak lebih dari 8 meter, sensor beralih ke kondisi non-aktif dengan tegangan keluaran 0 V, yang menandakan penurunan sensitivitas deteksi. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor PIR cukup andal dalam mendeteksi objek pada jarak yang relatif jauh, meskipun jangkauan deteksinya terbatas.

Hasil pengujian ini menegaskan bahwa sensor PIR efektif untuk aplikasi di ruang kecil hingga sedang, seperti kamar mandi atau kantor kecil, di mana jangkauan deteksi hingga 8 meter dianggap memadai. Namun, untuk aplikasi di ruang yang lebih besar, mungkin diperlukan penambahan sensor PIR atau penggunaan sensor dengan jangkauan deteksi lebih luas guna memastikan cakupan area deteksi yang optimal dan akurasi yang konsisten.

4.4. Evaluasi Keseluruhan Sistem

Secara keseluruhan, sistem yang dirancang telah memenuhi tujuan utamanya, yaitu memberikan kontrol otomatis pada lampu, kipas, dan status pintu kamar mandi berdasarkan input dari sensor PIR dan *limit switch*. Sistem ini berfungsi secara efektif dalam mendeteksi kehadiran manusia, mengaktifkan perangkat output, dan menampilkan informasi yang relevan kepada pengguna dengan akurat. Keandalan ini menunjukkan bahwa sistem dapat menjadi solusi praktis dalam penghematan energi di ruang tertutup.

Meskipun demikian, terdapat beberapa area yang dapat ditingkatkan lebih lanjut. Misalnya, penambahan sensor atau integrasi teknologi lain, seperti sensor ultrasonik, dapat meningkatkan akurasi dan jangkauan deteksi, sehingga sistem mampu mencakup area yang lebih luas. Selain itu, optimasi perangkat lunak juga diperlukan untuk mengurangi latensi dan mengatasi potensi gangguan dari lingkungan, yang pada akhirnya dapat meningkatkan responsivitas dan keandalan sistem secara keseluruhan.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan sistem kontrol otomatis untuk lampu, kipas, dan status kamar mandi menggunakan sensor PIR, limit switch, dan mikrokontroler Arduino Uno. Sistem ini mampu bekerja dengan baik dalam mendeteksi keberadaan manusia, mengaktifkan dan mematikan perangkat output (lampu dan kipas) secara otomatis, serta menampilkan status kamar mandi ("Toilet Kosong" atau "Toilet Digunakan") melalui LCD.

Berdasarkan hasil pengujian, sensor *PIR* mampu mendeteksi manusia secara akurat hingga jarak 8 meter, dengan respon yang cepat terhadap perubahan kondisi di area deteksi. Limit switch juga berhasil mendeteksi status pintu dengan baik, memberikan informasi yang tepat tentang apakah kamar mandi sedang digunakan atau tidak. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian, yakni memberikan solusi otomatisasi yang efektif dan efisien untuk penggunaan di lingkungan kamar mandi.

Meskipun demikian, terdapat beberapa area yang dapat ditingkatkan, seperti penyesuaian sensitivitas sensor *PIR* untuk mengurangi gangguan dari lingkungan eksternal serta optimasi pemasangan limit switch agar lebih presisi dalam mendeteksi status pintu. Sistem ini memiliki potensi untuk diimplementasikan dalam skenario yang lebih luas, dan dengan beberapa peningkatan kecil, dapat menjadi solusi yang handal untuk pengelolaan ruang otomatis.

DECLARATIONS

Author's Contributions

Ripo Winda Kusuma: Conceptualization, Investigation, Methodology, Resources, Software, Writing - Original Draft. **Delsina Faiza:** Supervision, Validation. **Thamrin:** Supervision, Validation. **Sartika Anori:** Supervision, Validation. All authors have read and approved the final version of this manuscript.

Competing Interests

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

REFERENCES

- [1] K. I. Nugraha, I. Giriantari, and I. N. S. Kumara, "Studi Dampak Ekonomi dan Sosial PLTS Sebagai Listrik Pedesaan Terhadap Masyarakat Desa Ban Kubu Karangasem," *Prosiding CSGTEIS 2013*, Jun. 2015. [Online]. Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/prosidingcsgteis2013/article/view/7208>.
- [2] R. N. Mahmudah, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Lampu Otomatis Menggunakan Sensor *PIR* (Passive Infrared Receiver) Pada Toilet UNIMUDA Sorong," *Skripsi Pendidik. Teknol. Inf.*, Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong, 2023. [Online]. Available: <http://eprints.unimudasorong.ac.id/id/eprint/23/>.
- [3] S. Rahman, D. Suryadi, A. Razikin, and J. Islami, "Realisasi Saklar Lampu Otomatis," *Elkha*, vol. 8, no. 2, pp. 29–34, 2016, doi: <https://doi.org/10.26418/elkha.v8i2.18852>.
- [4] I. G. M. N. Desnanjaya and I. B. A. I. Iswara, "Trainer Atmega32 Sebagai Media Pelatihan Mikrokontroler Dan Arduino," *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 1, no. 1, pp. 55–64, 2018, doi: <https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v1i1.266>.
- [5] E. Desyantoro, A. F. Rochim, and K. T. Martono, "Sistem Pengendali Peralatan Elektronik dalam Rumah secara Otomatis Menggunakan Sensor *PIR*, Sensor LM35, dan Sensor LDR," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 3, no. 3, p. 405, 2015, doi: <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.3.3.2015.405-411>.
- [6] P. Studi Teknik Elektromedik et al., "Saklar Otomatis Berbasis Mikrokontroler Untuk Mengurangi Penggunaan Energi Listrik," *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 4, no. 1, pp. 59–66, 2021. [Online]. Available: <https://s.id/jurnalresistor>.

- [7] Y. Irawan, "Implementation of Data Mining for Determining Majors Using K-Means Algorithm in Students of SMA Negeri 1 Pangkalan Kerinci," *J. Appl. Eng. Technol. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–29, 2019, doi: <https://doi.org/10.37385/jaets.v1i1.18>.
- [8] R. Wahyuni and Y. Irawan, "Web-Based Employee Performance Assessment System in PT. Wifiku Indonesia," *J. Appl. Eng. Technol. Sci.*, vol. 1, no. 2, pp. 60–69, 2020, doi: <https://doi.org/10.37385/jaets.v1i2.62>.
- [9] K. Fatmawati, E. Sabna, and Y. Irawan, "Design of a Smart Trash Can Using an Arduino Microcontroller-Based Proximity Sensor," *Riau J. Comput. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 124–134, 0, doi: <https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v4i1.759>.
- [10] R. Wahyuni and Y. Irawan, "Web-Based Heart Disease Diagnosis System With Forward Chaining Method (Case Study of Ibnu Sina Islamic Hospital)," *J. Appl. Eng. Technol. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 43–50, 2019, doi: <https://doi.org/10.37385/jaets.v1i1.19>.
- [11] H. Fonda, "Klasifikasi Batik Riau Dengan Menggunakan Convolutional Neural Networks (CNN)," *J. Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 7–10, 2020, doi: <https://doi.org/10.33060/jik/2020/vol9.iss1.144>.
- [12] M. S. M. Hadipour and J. Derakhshandeh, "An experimental setup of multi-intelligent control system (MICS) of water management using the internet of things (IoT)," *ISA Trans.*, pp. 309–326, 2020.
- [13] P. K. Das and A. P. Nirmala, "IoT based Automatic Light Control with Temperature Monitoring and Alert Mechanism," *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 8, no. 6, pp. 345–348, 2019, doi: <https://doi.org/10.35940/ijeat.E7701.088619>.
- [14] U. Sanikommu, "PIR sensor based security system," *Ann. Robot. Autom.*, vol. 4, pp. 022–024, 2020, doi: <https://doi.org/10.17352/ara.000006>.
- [15] G. P. Kumar, "Speed-Sensing Machine using Arduino," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 9, no. VI, pp. 4394–4401, 2021, doi: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.36064>.
- [16] S. Pradeepan, V. V. V, T. S. A, and V. Hareshkumar, "Automatic Lights ON/OFF System," *Int. J. Sci. Res. Eng. Manag.*, vol. 06, no. 01, pp. 1–4, 2022, doi: <https://doi.org/10.55041/ijsrem11468>.
- [17] S. Suresh, H. N. S. Anusha, T. Rajath, P. Soundarya, and S. V. P. Vudatha, "Automatic lighting and Control System for Classroom," in *Proc. 2016 Int. Conf. ICT Business, Ind. Gov. ICTBIG 2016*, 2017, vol. 10, no. 7, pp. 27–32, doi: <https://doi.org/10.1109/ICTBIG.2016.7892666>.
- [18] I. H. A. Z. Nurroniah and N. P. Anggraeni, "Design of an Arduino UNO-based Automatic Light Control System as a Basic Physics Teaching Aid on Ohm's Law," *Zenodo*, 2023, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8160171>.