

IMPLEMENTASI PELUANG HEMAT ENERGI PADA SISTEM PENCAHAYAAN DENGAN ALGORITMA *DECISION TREE* BERBASIS IoT DI LAB. MULTIMEDIA BENGKEL LISTRIK POLINES

Oleh : Pangestuningtyas D.L¹, Yusnan Badruzzaman², Adeguna Ridlo Pramurti³, Eriko Arvin Karuniawan⁴, Aggie Brenda Vernandez⁵, Muhammad Shiddiq⁶

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro Polines

Jl. Prof. Sudarto Tembalang Semarang 50271

Email : pangestuningtyas@polines.ac.id

Abstrak

Sistem pencahayaan merupakan salah satu beban terbanyak di dalam gedung/bangunan. Pelaksanaan konservasi pada sistem pencahayaan pada gedung/bangunan dapat mengurangi biaya operasional. Salah satu pelaksanaan konservasi energi pada sistem pencahayaan adalah dengan melakukan konservasi pada pengoperasian sistem dengan cara penggunaan kontrol otomatis pada sistem pencahayaan. Laboratorium Multimedia Bengkel Listrik Polines merupakan salah satu ruangan perkuliahan yang sistem pengoperasian dan sistem pencahayaannya masih menggunakan saklar konvensional, maka dari itu tujuan dari penelitian ini adalah melakukan implementasi pengontrolan otomatis berbasis algoritma decision tree dan IoT. Metode yang digunakan adalah merancang sistem kontrol otomatis berbasis IoT yang menggabungkan computer vision dengan algoritma decision tree untuk mendeteksi keberadaan objek, didukung oleh sensor PIR dan limit switch. Sistem ini membagi kontrol pencahayaan menjadi empat area independen, memastikan lampu hanya menyala jika terdeteksi aktivitas dalam jam operasional. Penggunaan sistem kontrol otomatis berbasis algoritma decision tree pada sistem pencahayaan di laboratorium multimedia dapat menghemat energi dibandingkan dengan pengoperasian menggunakan sistem konvensional. Sistem kendali otomatis mampu menghemat energi 85,67% pada skenario satu area lampu menyala (25% lampu menyala) dan sebesar 38,96% pada skenario semua lampu menyala (100% lampu menyala). Penghematan ini juga berdampak pada penghematan biaya. Peluang penghematan energi dengan penggunaan sistem kontrol otomatis ini dapat menghemat biaya tahunan sebesar Rp 863.000,00 pada skenario 25% lampu menyala, dan Rp 392.555,90 per tahun pada skenario 100% lampu menyala.

Kata kunci : Konservasi energi, sistem pencahayaan, Decision Tree, IoT, efisiensi energi

Abstract

Lighting systems constitute one of the most substantial electrical loads in modern buildings, making conservation efforts in this sector critical for reducing operational costs and promoting sustainable energy management. Implementing automated control is a key strategy for optimizing lighting system operation. This research addresses the inefficiency of the conventional manual switching system currently employed in the Multimedia Laboratory of Polines' Electrical Workshop. The primary objective is to implement an Internet of Things (IoT)-based automated lighting control system utilizing a Decision Tree algorithm. The methodology involved designing an IoT-enabled control architecture that integrates Computer Vision (CV), primarily driven by a Decision Tree algorithm for object detection, supplemented by Passive Infrared (PIR) sensors and a Limit Switch. This design partitions the lighting infrastructure into four independent control areas, ensuring light fixtures are only activated upon detecting human activity within the specified operating hours. The results demonstrate a significant enhancement in energy efficiency compared to conventional operation. The automated control system achieved energy savings of 85.67% in the scenario where only one lighting area was active (25% total lights on) and 38.96% when all areas were simultaneously activated (100% lights on). These energy conservation outcomes translate directly into considerable cost savings. The projected annual financial savings are substantial, reaching up to IDR 863,000.00 in the 25% active area scenario and IDR 392,555.90 per year in the 100% active area scenario. This research validates the effectiveness of integrating CV and IoT for intelligent and highly efficient building energy management.

Keywords : Energy Conservation, lighting systems, decision tree, IoT, energy efficiency

1. Pendahuluan

Konservasi Energi merupakan upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi dan pemanfaatannya. Salah satunya dengan adanya manajemen energi untuk dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil sehingga dapat mengurangi dampak buruk yang ditimbulkannya. Manajemen energi merupakan kegiatan terpadu untuk mengendalikan konsumsi energi agar tercapainya pemanfaatan energi yang efektif dan efisien untuk menghasilkan keluaran yang maksimal melalui tindakan teknis secara terstruktur dan ekonomis untuk meminimalisasi pemanfaatan energi termasuk energi untuk proses produksi, bahan baku, dan bahan pendukung.

Instalasi pencahayaan merupakan salah satu beban yang terbanyak di dalam gedung/bangunan. Penghematan pada instalasi pencahayaan merupakan salah satu cara untuk konservasi energi yang tepat di dalam gedung/bangunan. Salah kebiasaan penggunaan pencahayaan ruangan, yang boros adalah penggunaan lampu seringkali dibiarkan menyala walau tidak digunakan pada suatu ruangan. Maka dari itu, perlu adanya penerapan sistem kendali otomatis agar bisa mengendalikan lampu dengan pola penggunaan yang lebih hemat guna meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik suatu gedung.

Berdasarkan SNI 6197 : 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan, salah satu penghematan energi pada gedung / bangunan dapat dilaksanakan dengan pengoperasian sistem pencahayaan, misalnya dengan menggunakan kontrol otomatis. PIR (*Passive Infrared*) sensor merupakan salah satu sensor yang sering digunakan untuk mendeteksi objek yang bergerak dengan menangkap perubahan radiasi inframerah yang dipancarkan oleh objek bergerak untuk kontrol otomatis pada sistem pencahayaan. Salah satu kelemahan dari penggunaan PIR sensor untuk kontrol otomatis adalah adanya sinyal palsu yang kadang terbaca sebagai kehadiran objek,

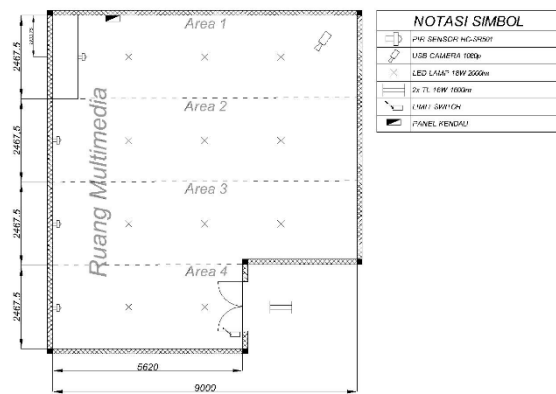
maka dari itu untuk meningkatkan keakuratan dan keandalan sistem otomatis pada sistem pencahayaan, pengoperasian sistem kontrol dirancang menggunakan *machine learning* seperti *computer vision* dengan algoritme dasar berupa *decision tree*. Penggunaan IoT (*Internet of Things*) pada sistem kontrol kendali otomatis pada sistem pencahayaan juga dapat memudahkan dalam hal kendali jarak jauh, sehingga dapat meningkatkan penghematan energi pada sistem pencahayaan.

Ruang Lab. Multimedia merupakan salah satu ruangan yang terdapat pada Gedung Bengkel Listrik Politeknik Negeri Semarang. Ruang tersebut biasa digunakan sebagai tempat melakukan aktivitas pembelajaran. Ruangan itu menjadi salah satu ruangan yang memiliki instalasi pencahayaan yang kurang baik karena sistem pencahayaan dirangkai secara seri untuk seluruh ruangan, dan saklar kendali untuk lampu yang terdapat di Ruang Multimedia tersambung dengan kendali lampu pada lorong Gedung bengkel listrik. Hal tersebut menyebabkan pengoperasian lampu tidak efisien dan tidak memenuhi standar yang berlaku.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis akan melakukan penelitian mengenai "Implementasi Peluang Hemat Energi pada Sistem Pencahayaan dengan Algoritma *Decision Tree* Berbasis IoT di Laboratorium Multimedia Bengkel Listrik POLINES" untuk menghasilkan pengoperasian instalasi pencahayaan dengan kontrol otomatis berbasis *computer vision* dengan algoritme *decision tree* untuk meningkatkan penghematan energi listrik..

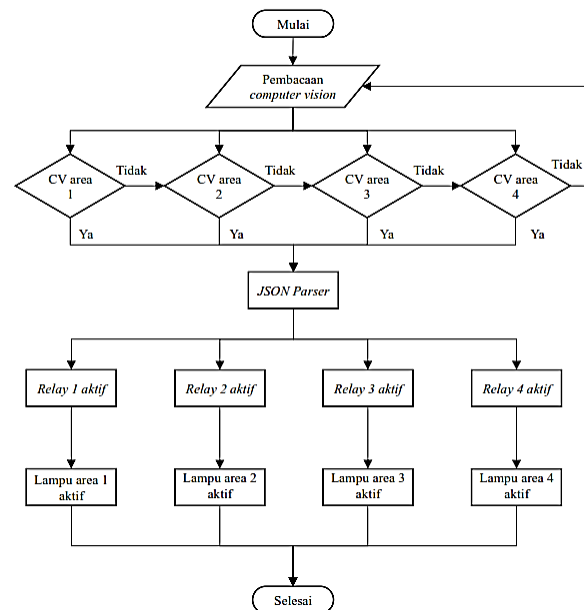
2. Metode Penelitian

Perancangan sistem instalasi pencahayaan dengan sistem kontrol otomatis berbasis *computer vision* berbasis algoritma *decision tree* yang dilakukan adalah membagi kontrol pencahayaan pada ruangan multimedia di Bengkel Listrik Polines menjadi 4 area yang dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Wiring Pembagian area pada pengontrolan otomatis

Sistem kontrol otomatis pencahayaan di ruang multimedia dengan menggunakan *computer vision* dan sensor PIR dengan menggunakan algoritma dasar *decision tree*. Sensor PIR berfungsi untuk mendeteksi keberadaan objek manusia yang selanjutnya akan dikoreksi oleh *computer vision* berbasis algoritma *decision tree*. Jika pada sistem terdeteksi terdapat objek manusia pada area, maka relai akan menghidupkan lampu sesuai dengan area yang terdeteksi objek, begitu pula sebaliknya jika sensor PIR dan *computer vision* tidak mendeteksi adanya objek manusia, maka sistem akan memerintahkan relai untuk *off* pada area yang tidak terdeteksi objek. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.

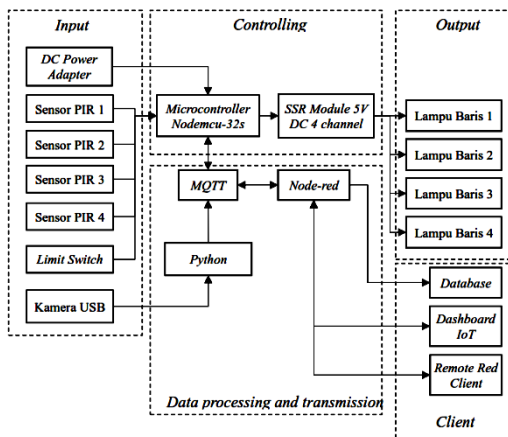


Gambar 2. Diagram Alir Kendali Lampu Otomatis

3. Hasil dan Analisa

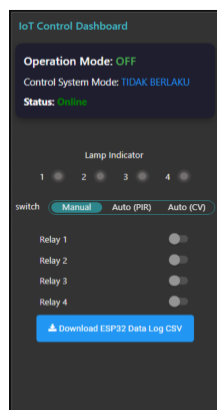
3.1 Perancangan Sistem Kontrol

Perancangan kontrol kendali pengoperasian instalasi pencahayaan terdiri dari proses *input*, *controller*, *data processing and transmission* dan *output*. *Input* yang digunakan sebagai masukan yang akan mengirimkan data untuk diproses pada *processing data* yang terdiri atas empat sensor PIR, web camera untuk input *computer vision*, dan limit switch. Setelah input mendapatkan data hasil deteksi objek, maka akan dikirimkan ke *controller* yang berupa mikrokontroler ESP32. Selain itu akan dilaksanakan *data processing and transmission* sebagai pemrosesan data yang dilakukan dengan menggunakan *software python* dan *Node-Red* dan komunikasi data antar perangkat yang menggunakan MQTT. *Output* dari sistem kontrol kendali otomatis berupa lampu-lampu yang terdapat pada ruang multimedia yang dikendalikan dengan relai SSR untuk menghidupkan dan menyalakan lampu pada tiap baris di ruangan multimedia.



Gambar 3. Proses Kendali Otomatis Instalasi Pencahayaan Ruang Multimedia

Sistem kontrol otomatis pada sistem pencahayaan berbasis algoritme decision tree dapat dimonitoring dengan menggunakan IoT dengan menggunakan *NodeRed*. Tujuan penggunaan IoT monitoring kondisi lampu di ruang multimedia. Pada *dashboard* terdapat beberapa tampilan yang dapat digunakan untuk memantau dan mengontrol ESP32 untuk kontrol utama sistem pencahayaan. *Operation mode* mengindikasikan mode operasi yang sedang digunakan. Jika *off*, maka saat ini program sedang *off*, jika lokal maka operasi hanya bisa dilakukan secara lokal, dan jika *remote* maka kendali dapat dilakukan melalui *dashboard* IoT. Tampilan pada *dashboard* *NodeRed* terdiri dari *Operation mode*, *Control system mode*, *Lamp Indicator*, dan *Switch*.



Gambar 4. Tampilan *dashboard* IoT dengan *Node-Red*

3.2 Peluang Penghematan Energi

Analisis peluang penghematan energi menunjukkan bahwa penerapan sistem kontrol otomatis pada instalasi pencahayaan ruang multimedia Bengkel Listrik Polines mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik secara signifikan dibandingkan dengan sistem konvensional. Pada sistem konvensional, seluruh lampu beroperasi penuh selama jam kerja (13,5 jam/hari), sehingga konsumsi energi mencapai 15,525 kWh per minggu.

Implementasi kontrol otomatis yang bekerja berdasarkan keberadaan pengguna dan pengaturan skenario tingkat nyala lampu (100%, 75%, 50%, dan 25%) menurunkan durasi operasi menjadi 41,2 jam per minggu serta mengurangi konsumsi energi secara bertahap. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa penghematan energi yang dihasilkan berada pada rentang 38,96% hingga 85,67%, dengan tingkat penghematan tertinggi diperoleh pada skenario 25% lampu menyala sebesar 53,2 kWh per bulan.

Dari sisi ekonomi, dengan asumsi tarif listrik sebesar Rp 1.352/kWh untuk daya langganan 900 VA, penerapan sistem kontrol otomatis menghasilkan penghematan biaya listrik tahunan antara Rp 392.555,90 hingga Rp 863.116,80. Peningkatan penghematan sejalan dengan penurunan tingkat nyala lampu, yang menunjukkan bahwa sistem kontrol otomatis memiliki potensi besar dalam menekan biaya operasional sekaligus mendukung upaya efisiensi energi.

Dengan demikian, penerapan sistem kontrol otomatis pada sistem pencahayaan ruang multimedia tidak hanya efektif dalam menurunkan konsumsi energi listrik, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi yang nyata, sehingga layak dipertimbangkan sebagai solusi efisiensi energi pada fasilitas pendidikan.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem instalasi pencahayaan otomatis pada Ruang Multimedia Bengkel Listrik Polines dengan memanfaatkan Computer Vision berbasis algoritma *Decision Tree* yang dikombinasikan dengan sensor PIR dan *limit switch*. Sistem ini mampu membagi area pencahayaan menjadi empat zona independen dan mengendalikan nyala lampu secara adaptif berdasarkan deteksi aktivitas manusia selama jam operasional, sehingga pencahayaan hanya diaktifkan pada area yang benar-benar digunakan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan sistem kontrol pencahayaan otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) secara signifikan meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik dan menurunkan biaya operasional. Sistem mampu menyesuaikan konsumsi energi secara dinamis sesuai kebutuhan aktual, dengan tingkat penghematan energi maksimum mencapai 85,67% pada skenario penggunaan 25% area pencahayaan, serta potensi penghematan biaya listrik tahunan hingga Rp 863.116,80. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan layak direkomendasikan sebagai solusi efisiensi energi yang efektif dan berkelanjutan pada lingkungan pendidikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.]Aribowo, W., Rahmadian, R., & Wardani, A. L. (2025). Kendali Motor DC pada Rancang Bangun Kursi Roda Berbasis Joystick dan YOLO (*You Only Look Once*). *Jurnal Teknik Elektro*, 14(1), 82–87
- [2.]Budiyanta, N. E., Mulyadi, M., & Tanudjaja, H. (2021). Sistem Deteksi Kemurnian Beras berbasis Computer Vision dengan Pendekatan Algoritma YOLO. *Jurnal Pengembangan IT (JPIT)*, 6(1), 51–55.
- [3.]Fahrizal, M., Nirmala, I., & Suhardi.(2024). Implementasi Metode Decision Tree C4.5 pada Lampu Otomatis Berdasarkan Kebiasaan Penghuni Rumah. *Coding : Jurnal Komputer dan Aplikasi*, 12(1), 112–123.<https://doi.org/10.26418/coding.v12i2.81200>
- [4.]Firmansyah, A., Suyadi, A., Khalish, A. A., Zulhanudin, A. F., & Syafrudin, S.(2025). Prototipe lampu lalu lintas menggunakan PLC dan SCADA berbasis computer vision dengan raspberry pi 4B. *JURNAL ELTEK*, 23(1), 32–45. <https://doi.org/10.33795/eltek.v23i1.6380>
- [5.]Jogdand, A., Thakur, B., Pame, R., & Sonowane, Prof. P. (2021). Automatic Room Lights Controller Using Arduino and PIR Sensor. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 9(8), 1947–1951. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.37698>
- [6.]Rahmawati, L., & Setyawan, G. (2025). Rancang Bangun Sitem Manajemen Ruang Menggunakan Sensor PIR untuk Kontrol Saklar Otomatis dan Penghemat Energi. *Jurnal Fisika Unand*, 14(1), 22–28. <https://doi.org/10.25077/jfu.14.1.22-28.2025>
- [7.]SNI 03-6197-2020 Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan, Pub. L. No. 036197–2020, Standar Nasional Indonesia 1 (2020).
- [8.]Yun, J., & Woo, J. (2020). A Comparative Analysis of Deep Learning and Machine Learning on Detecting Movement Directions Using PIR Sensors. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(4), 2855–2868.<https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2963326>