

Sistem Kontrol Lampu Otomatis dan Semi Otomatis berbasis *Internet of Things*

DOI: <http://dx.doi.org/10.35889/jutisi.v14i2.2361>

Creative Commons License 4.0 (CC BY – NC)



Jati Sasongko Wibowo^{1*}, Budi Hartono², Veronica Lusiana³
 Teknik Informatika, Universitas Stikubank, Semarang, Indonesia
 *e-mail *Corresponding Author*: jatisw@edu.unisbank.ac.id

Abstract

The Internet of Things (IoT) has become a crucial technology in the development of smart homes, including lighting control systems. This study aims to design and implement an IoT-based lighting control system that can be operated via a Wi-Fi network using the ESP8266 microcontroller, with manual and automatic modes based on a light sensor (LDR). The methodology includes system design, software development, and functional and stability testing. The results indicate that the system successfully executed 100% of defined control features, remained stable during a 6-hour continuous operation, and achieved a 45% reduction in lamp active time in automatic mode compared to manual mode. This system not only enables remote light control but also contributes to significant energy savings. The study demonstrates the successful integration of IoT technology into smart lighting systems and offers further development opportunities through cloud integration and mobile-based control.

Keywords: *Internet of Things; lighting control; LDR light sensor; ESP8266 microcontroller.*

Abstrak

*Internet of Things (IoT) telah menjadi teknologi penting dalam pengembangan rumah pintar, termasuk sistem pengontrol lampu. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pengontrol lampu berbasis IoT yang dapat dikendalikan melalui jaringan Wi-Fi menggunakan mikrokontroler ESP8266, dengan mode manual dan otomatis berdasarkan sensor cahaya (LDR). Metode yang digunakan mencakup perancangan sistem, pengembangan perangkat lunak, serta pengujian fungsi kontrol manual melalui server web dan otomatisasi berdasarkan intensitas cahaya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mengeksekusi 100% fitur kontrol secara fungsional, mampu bertahan selama 6 jam operasi berkelanjutan tanpa gangguan, serta menghasilkan efisiensi waktu nyala lampu sebesar 45% dalam mode otomatis dibandingkan mode manual. Sistem ini tidak hanya memberikan kemudahan kontrol dari jarak jauh, tetapi juga mampu menghemat energi secara signifikan. Penelitian ini membuktikan keberhasilan integrasi teknologi IoT dalam sistem pencahayaan otomatis, dan membuka peluang pengembangan lebih lanjut ke arah integrasi *cloud* dan kontrol berbasis aplikasi *mobile*.*

Kata kunci: *Internet of Things; kontrol lampu; sensor cahaya ldr; mikrokontroler esp8266.*

1. Pendahuluan

Efisiensi energi merupakan isu krusial dalam upaya global untuk mengurangi konsumsi sumber daya dan dampak lingkungan. Salah satu sumber konsumsi energi terbesar dalam rumah tangga adalah penggunaan lampu penerangan. Sayangnya, banyak pengguna yang tidak disiplin dalam mematikan lampu ketika tidak diperlukan, menyebabkan pemborosan energi yang signifikan. Berdasarkan laporan *International Energy Agency* (IEA), sekitar 10–15% energi listrik rumah tangga di negara berkembang terbuang akibat pencahayaan yang tidak efisien. Hal ini menekankan pentingnya inovasi teknologi dalam pengelolaan sistem pencahayaan.

Pada banyak rumah dan fasilitas umum, sistem pencahayaan masih bergantung pada kontrol manual, yang sangat rentan terhadap kelalaian pengguna. Kurangnya sistem otomasi pencahayaan membuat potensi efisiensi energi belum sepenuhnya dimanfaatkan [1]. Selain itu,

sistem kontrol lampu konvensional tidak mendukung fleksibilitas pengguna dalam mengakses dan mengatur pencahayaan dari jarak jauh. Hal ini menjadi hambatan dalam penerapan konsep rumah pintar (*smart home*) yang mengutamakan efisiensi, kenyamanan, dan penghematan biaya.

Sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem kontrol lampu berbasis *Internet of Things* (IoT) [2] yang menggabungkan dua mode operasi: otomatis dan semi otomatis. Mode otomatis memungkinkan sistem menghidupkan atau mematikan lampu berdasarkan intensitas cahaya lingkungan menggunakan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*), sedangkan mode semi otomatis memungkinkan pengguna mengendalikan lampu secara manual melalui server web lokal. Solusi ini dinilai tepat karena dapat mengintegrasikan efisiensi energi dengan kenyamanan pengguna, serta memanfaatkan mikrokontroler ESP8266 yang murah dan mudah dikonfigurasi sebagai otak sistem. Beberapa studi sebelumnya [5][8][14][17][18] juga menunjukkan keberhasilan pendekatan serupa dalam mendukung otomasi rumah dan penghematan energi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol lampu berbasis IoT yang dapat berfungsi dalam mode otomatis dan semi otomatis. Manfaat yang diharapkan adalah tersedianya sistem yang mampu meningkatkan efisiensi energi, mudah digunakan oleh masyarakat umum, serta memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi rumah pintar berbasis mikrokontroler dan IoT.

2. Tinjauan Pustaka

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membawa banyak perubahan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam bidang otomasi rumah dan kontrol perangkat listrik [3]. Salah satu penerapan sistem kontrol lampu berbasis IoT yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol lampu secara otomatis dan semi otomatis melalui internet, yang dapat memberikan efisiensi energi dan kenyamanan bagi pengguna. Berbagai penelitian telah menunjukkan potensi dan manfaat penerapan IoT dalam sistem kontrol lampu, dengan variasi komponen dan pendekatan sesuai kebutuhan. Penelitian ini akan mengulas beberapa studi yang terkait dengan sistem kontrol lampu berbasis IoT dan Arduino [4].

Pengembangan sistem kontrol lampu otomatis berbasis IoT [5] dengan adaptabilitas ruangan menggunakan platform *Blynk*. Sistem ini memungkinkan kontrol dan monitoring lampu secara real-time melalui aplikasi mobile, yang membuat pengendalian lampu menjadi lebih fleksibel dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna di setiap ruangan. Sistem ini dirancang untuk menyesuaikan pencahayaan dengan kondisi ruangan, sehingga mampu mengurangi konsumsi energi saat pencahayaan tidak diperlukan. Studi ini menunjukkan potensi integrasi IoT dan aplikasi mobile dalam mengontrol perangkat listrik dengan fleksibilitas tinggi. Sebagai tambahan, memperluas fungsi kontrol lampu otomatis [6] dengan menambahkan fitur peringatan untuk barang bawaan yang tertinggal di toilet umum. Inovasi ini menunjukkan bahwa IoT tidak hanya berfungsi sebagai pengontrol otomatis, tetapi juga dapat memberikan peringatan yang berguna untuk keamanan dan kenyamanan publik.

Lebih lanjut, melakukan penelitian tentang sistem kontrol lampu berbasis IoT [7] menggunakan mikrokontroler ESP8266. Studi ini menekankan pada efisiensi dalam pengendalian perangkat keras yang terintegrasi dengan jaringan IoT. Penggunaan ESP8266 sebagai komponen utama memungkinkan sistem ini untuk mengirim dan menerima data melalui internet, memudahkan pengguna dalam mengontrol lampu dari jarak jauh. Penggunaan pendekatan berbasis IoT dalam lingkungan pendidikan dengan mengembangkan sistem kontrol [8] dan monitoring untuk lampu dan AC di laboratorium komputer. Implementasi ini menunjukkan manfaat IoT dalam menciptakan lingkungan belajar yang efisien dan hemat energi, yang dapat meningkatkan pengalaman belajar dan mendukung penghematan operasional.

Sementara itu, dalam mengintegrasikan sensor ke dalam kontrol otomatis, Perancangan sistem monitoring dan kontrol otomatis untuk lampu [9] lobi kantor yang berbasis photocell dan *timer switch*. Penggunaan sensor ini memungkinkan lampu untuk menyala dan mati secara otomatis berdasarkan intensitas cahaya di lingkungan, sehingga lebih efektif dalam menghemat energi. Demikian pula, penggunaan *google assistant* dalam sistem monitoring dan kontrol lampu serta kipas angin [10]. Penelitian ini memperlihatkan fleksibilitas IoT dalam pengendalian berbagai perangkat rumah tangga [11] dengan interaksi sederhana melalui gestur, memberikan pengalaman yang lebih nyaman dan inovatif dalam pengoperasian perangkat sehari-hari.

Selain aplikasi di lingkungan rumah dan kantor, penerapan IoT dalam kontrol lampu juga diaplikasikan dalam bidang peternakan. Pengembangan sistem kontrol lampu [12] untuk

memonitor suhu kandang anak ayam broiler berbasis IoT. Dengan sistem ini, lampu kandang diatur sesuai dengan suhu yang dibutuhkan, yang menunjukkan aplikasi IoT dalam menjaga kondisi optimal bagi hewan peliharaan. Di sisi lain, Pengembangan sistem kontrol lampu [13] rumah menggunakan smartphone berbasis Arduino Uno, dengan menekankan kemudahan akses dan pengoperasian melalui perangkat mobile, sehingga pengguna dapat mengontrol pencahayaan dari lokasi mana saja.

Model kontrol tata cahaya berbasis mikrokontroler [14] pada ruang laboratorium yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi di lingkungan akademik. Studi ini berfokus pada penerapan IoT dalam manajemen energi pada lingkungan pendidikan, serupa dengan penelitian Ibrahim dan Solikhin, yang dapat menurunkan biaya operasional sekaligus mendukung keberlanjutan energi. Pendekatan yang berbeda, memperkenalkan prototipe sistem kontrol lampu [15] berbasis NodeMCU untuk menyempurnakan desain kontrol lampu IoT. NodeMCU sebagai komponen utama dalam prototipe ini menunjukkan kesesuaian komponen murah dan terjangkau dalam menghasilkan kontrol lampu yang efektif dan efisien.

Berfokus pada rumah pintar, merancang sistem kontrol lampu [16] dan *door lock* berbasis IoT yang dapat dioperasikan melalui aplikasi mobile. Hal ini memperlihatkan potensi integrasi perangkat-perangkat pintar di rumah yang mendukung keamanan dan kenyamanan lebih lanjut bagi penghuni. Sementara itu, berfokus pada kontrol lampu [17] on/off dengan sistem hybrid sebagai upaya penghematan energi di rumah, menunjukkan bahwa teknologi IoT dapat berperan dalam mendukung efisiensi energi dengan cara yang berkelanjutan.

Desain IoT untuk sistem kontrol lampu [18] rumah, yang diintegrasikan dengan kehidupan sehari-hari untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengguna. Untuk aplikasi yang lebih luas, Implementasi moving average filter pada sensor tegangan untuk sistem kontrol lampu [19] jalan berbasis IoT. Filter ini membantu dalam peningkatan akurasi dan stabilitas sensor dalam kondisi lingkungan yang bervariasi, yang penting bagi sistem kontrol di luar ruangan. Penelitian tentang aplikasi IoT pada sistem kontrol lampu [20] di Pondok Pesantren Assalafiyah menggunakan NodeMCU ESP8266, yang memberikan manfaat pada lingkungan komunitas dengan cara menyediakan kemudahan kontrol perangkat listrik dan meningkatkan efisiensi operasional.

Secara keseluruhan, penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan IoT dalam sistem kontrol lampu telah banyak dikembangkan dengan berbagai pendekatan, seperti penggunaan platform Blynk, integrasi dengan smartphone, hingga kontrol otomatis berbasis sensor cahaya. Namun, sebagian besar sistem tersebut hanya menerapkan satu mode kontrol (baik otomatis atau manual), atau mengandalkan aplikasi pihak ketiga untuk mengoperasikan perangkat. Beberapa penelitian juga tidak menggabungkan mode otomatisasi cahaya dengan pengendalian manual dalam satu antarmuka lokal yang mandiri.

Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini mengusulkan sistem kontrol lampu berbasis IoT yang mengintegrasikan dua mode operasional manual dan otomatis dalam satu platform lokal berbasis web server internal ESP8266, tanpa memerlukan aplikasi eksternal atau koneksi cloud. Selain itu, sistem dirancang untuk menghemat energi melalui pemanfaatan sensor LDR dengan ambang batas yang dapat disesuaikan serta pengujian efisiensi nyala lampu. Dengan pendekatan ini, sistem yang dikembangkan bersifat ringan, murah, dan mudah diimplementasikan oleh pengguna rumahan atau lingkungan terbatas, namun tetap memiliki kontrol cerdas dan responsif terhadap kondisi pencahayaan sekitar. Oleh karena itu, kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada integrasi lokal dua mode kontrol dalam sistem yang sederhana, mandiri, dan hemat energi, yang belum banyak ditemukan pada penelitian serupa.

3. Metodologi

Berikut merupakan tahapan metode yang sistematis untuk mengimplementasikan sistem pengontrolan lampu berbasis Wi-Fi dan sensor cahaya menggunakan ESP8266, dari studi literatur hingga implementasi akhir:

1) Penelitian Awal

Tahap penelitian awal dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan dasar sistem kontrol lampu berbasis *Internet of Things* (IoT) yang akan dikembangkan. Aktivitas pada tahap ini meliputi observasi lapangan, telaah kebutuhan pengguna, serta studi teknis terhadap kemampuan perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan. Berdasarkan hasil kajian awal dan pendekatan kebutuhan pengguna rumahan maupun fasilitas umum, ditetapkan

bahwa sistem yang akan dikembangkan harus mampu bekerja secara efisien, hemat energi, mudah dikendalikan, serta memiliki dua mode operasi.

Analisis kebutuhan ini difokuskan pada dua aspek utama, yaitu kebutuhan fungsional (apa yang harus dilakukan oleh sistem) dan kebutuhan non-fungsional (bagaimana sistem harus berperilaku). Berikut adalah hasil identifikasi kebutuhan fungsional sistem:

Tabel 1. Kebutuhan Fungsional Sistem

No	Fitur Fungsional	Deskripsi Singkat
1	Kontrol Manual via Web	Pengguna dapat menyalakan dan mematikan lampu melalui browser secara langsung.
2	Mode Otomatis	Sistem membaca intensitas cahaya dari sensor LDR dan mengontrol lampu secara otomatis.
3	Berdasarkan LDR	
3	Switch Mode Manual– Otomatis	Pengguna dapat mengganti mode operasi melalui tampilan antarmuka web.
4	Monitoring Status Lampu	Status ON/OFF lampu dapat ditampilkan secara real-time di halaman kontrol.
5	Stabilitas Koneksi	Sistem harus mampu mempertahankan koneksi Wi-Fi agar kontrol via web tetap stabil.
6	Respon Cepat terhadap Cahaya	Sistem harus merespon perubahan cahaya (terang-gelap) dengan waktu kurang dari 2 detik.
7	Penghematan Energi Otomatis	Sistem harus mampu mengurangi waktu nyala lampu melalui kontrol berbasis cahaya.

2) Perancangan Sistem

Merancang arsitektur sistem yang menggabungkan kontrol semi otomatis melalui web dan otomatisasi menggunakan sensor cahaya. Langkah-langkah: Menentukan komponen utama yang dibutuhkan, seperti ESP8266, *Relay Module*, sensor cahaya (LDR), dan lampu. Membuat diagram alir (flowchart) dan diagram blok untuk menggambarkan alur kerja sistem, mulai dari inialisasi perangkat, koneksi ke Wi-Fi, pengaturan server web, hingga mekanisme kontrol semi otomatis dan otomatis. Menentukan parameter penting, seperti ambang batas sensor cahaya untuk mengaktifkan dan menonaktifkan lampu dalam mode otomatis.

3) Desain Rangkaian Elektronik

Merancang dan menghubungkan semua komponen secara fisik untuk memastikan setiap komponen berfungsi sesuai dengan rencana. Langkah-langkah: Membuat skema rangkaian elektronik yang menghubungkan ESP8266, *relay*, LDR, dan lampu. Memastikan ESP8266 mendapatkan daya yang cukup dari sumber yang sesuai (3.3V atau 5V). Menghubungkan *relay* ke ESP8266 untuk mengontrol lampu, dan hubungkan LDR dalam rangkaian pembagi tegangan untuk membaca intensitas cahaya yang bisa diterima ESP8266. Menguji setiap komponen secara individual untuk memastikan komponen berfungsi sebelum merakitnya dalam rangkaian penuh.

4) Pengembangan Kode Program

Membuat kode program yang memungkinkan kontrol lampu melalui web dan otomatisasi dengan sensor cahaya. Langkah-langkah: Menginisialisasi perangkat dan buat program untuk koneksi ke Wi-Fi dengan menggunakan library ESP8266WiFi. Menambahkan kode server web yang berjalan di ESP8266, yang memungkinkan pengguna mengakses halaman web sederhana untuk menyalakan atau mematikan lampu secara semi otomatis. Menambahkan fungsi pengontrolan otomatis berdasarkan pembacaan dari LDR. Menentukan ambang batas tertentu untuk kondisi terang dan gelap, sehingga ESP8266 dapat menyalakan atau mematikan lampu secara otomatis. Menguji program di breadboard atau prototipe untuk memastikan logika kontrol semi otomatis dan otomatis berfungsi dengan baik.

5) Pengujian dan Evaluasi Sistem

Untuk memastikan sistem kontrol lampu otomatis dan semi otomatis berbasis IoT berjalan sesuai perancangan, dilakukan perancangan instrumen pengujian terhadap seluruh fitur yang telah diidentifikasi pada tahap analisis kebutuhan dan perancangan sistem. Pengujian ini dilakukan secara eksperimental dalam kondisi terkendali dan bertujuan mengevaluasi aspek fungsionalitas, stabilitas operasional, kecepatan respons, serta efisiensi penggunaan energi. Instrumen pengujian disusun dalam bentuk tabel pengamatan yang memuat aspek: fitur yang

diuji, kondisi pengujian, jenis input atau simulasi yang digunakan, output yang diharapkan, serta kriteria keberhasilan sebagai tolok ukur performa sistem.

Tabel 2. Desain Instrumen Pengujian Sistem

No	Fitur yang Diuji	Kondisi Uji	Input / Simulasi	Output yang Diharapkan	Kriteria Keberhasilan
1	Kontrol Manual via Web (ON)	Pengguna mengakses web dan menyalakan lampu	Klik tombol "Nyalakan Lampu"	Lampu menyala dan status tampil di browser	Respons ≤ 2 detik, fungsi ON berjalan normal
2	Kontrol Manual via Web (OFF)	Pengguna mengakses web dan mematikan lampu	Klik tombol "Matikan Lampu"	Lampu mati dan status tampil di browser	Respons ≤ 2 detik, fungsi OFF berjalan normal
3	Mode Otomatis (Kondisi Gelap)	Sensor LDR disimulasikan gelap (nilai < 500)	Tutup sensor LDR	Lampu menyala secara otomatis	Lampu ON saat LDR < 500
4	Mode Otomatis (Kondisi Terang)	Sensor LDR disimulasikan terang (nilai ≥ 500)	Beri cahaya ke sensor	Lampu mati secara otomatis	Lampu OFF saat LDR ≥ 500
5	Pergantian Mode Manual \rightarrow Otomatis	Sistem berpindah mode dari web	Klik tombol "Mode Otomatis" di web server	Mode otomatis aktif, sistem baca sensor LDR secara berkala	Mode berubah tanpa restart atau error
6	Stabilitas Koneksi Wi-Fi	Sistem diuji selama 3 jam dengan kontrol berkala	Akses server setiap 30 menit	Server tetap dapat diakses dan menanggapi perintah	Tidak terjadi disconnect atau hang
7	Respons terhadap Perubahan Cahaya	Intensitas cahaya berubah cepat	Simulasi terang-gelap-terang cepat	Lampu menyala/mati mengikuti perubahan	Respons ≤ 2 detik dalam setiap perubahan cahaya
8	Ketahanan Sistem Operasional	Sistem dinyalakan selama 6 jam penuh	Kontrol ON/OFF berkala tiap 30 menit	Sistem tetap stabil, tidak hang atau crash	Server tetap aktif, fungsi tetap berjalan normal
9	Efisiensi Energi Mode Otomatis	Bandingkan waktu nyala lampu selama 6 jam di 2 mode	Mode otomatis vs mode manual ON terus	Mode otomatis menyalakan lampu hanya saat gelap	Terjadi penghematan waktu nyala $\geq 30\%$ dibanding manual

4. Hasil dan Pembahasan

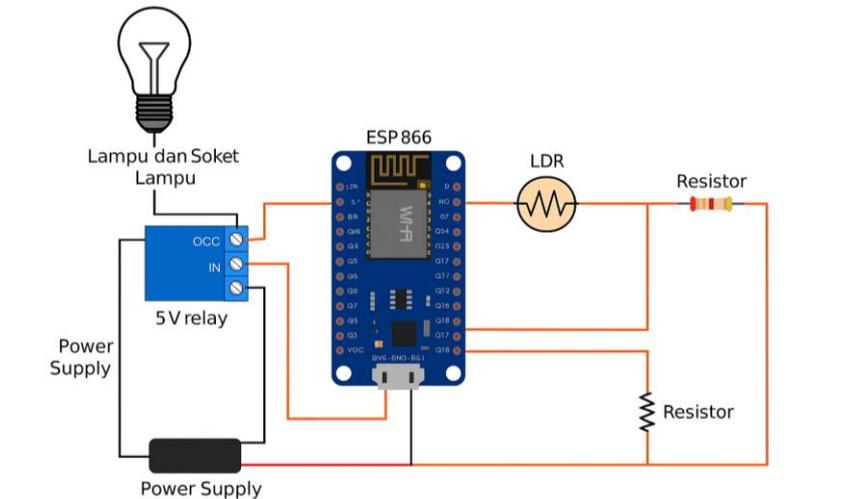
Menyalakan dan mematikan lampu melalui jaringan Wi-Fi menggunakan browser internet serta membuat lampu bekerja otomatis dengan sensor cahaya dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat IoT seperti ESP8266 atau ESP32 dan komponen sensor cahaya (LDR atau *Light Dependent Resistor*) yang dikombinasikan dengan *relay* untuk mengontrol lampu.

4.1. Perancangan Sistem

Membuat sistem yang dapat mengontrol lampu melalui jaringan Wi-Fi dan bekerja otomatis dengan sensor cahaya, berikut komponen dan modul yang dibutuhkan serta fungsi masing-masing:

1) ESP8266 atau ESP32 Wi-Fi Module:

Modul mikrokontroler yang dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi, memungkinkan untuk mengakses dan mengontrol perangkat secara nirkabel melalui jaringan. ESP8266 atau ESP32 akan menjadi "otak" dari sistem yang menjalankan program untuk mengontrol lampu dan membaca sensor cahaya. Jika menggunakan ESP32, terdapat lebih banyak GPIO (pin input/output) dan performanya sedikit lebih baik daripada ESP8266. ESP32 juga memiliki beberapa fitur tambahan seperti Bluetooth.



Gambar 1. Diagram visual sistem iot kontrol lampu

2) *Relay Module*:

Relay saklar elektrik yang dapat dikendalikan oleh ESP8266 atau ESP32 untuk menyalakan atau mematikan perangkat bertegangan tinggi seperti lampu. *Relay* berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik ke lampu sesuai dengan perintah yang diberikan melalui program. Memastikan penggunaan *relay* yang sesuai dengan voltase dan daya lampu yang akan dikontrol, *relay* 3.3V atau 5V untuk modul mikro seperti ESP.

3) *Light Dependent Resistor (LDR)* atau Sensor Cahaya:

LDR komponen yang resistansinya berubah sesuai dengan intensitas cahaya yang diterimanya. Semakin terang cahaya, resistansi LDR akan semakin rendah, dan sebaliknya. ESP8266 atau ESP32 akan membaca data dari LDR untuk menentukan kondisi cahaya sekitar dan mengaktifkan atau menonaktifkan lampu secara otomatis.

LDR biasanya membutuhkan resistor tambahan untuk membentuk rangkaian pembagi tegangan, sehingga dapat dibaca sebagai input analog pada pin ADC (Analog-to-Digital Converter) di ESP.

4) *Lampu dan Soket Lampu*:

Lampu yang akan dikontrol oleh *relay*. Lampu bisa berupa lampu LED atau jenis lain yang sesuai dengan kebutuhan. Soket lampu akan menjadi tempat lampu dipasang, dan kabel listriknya dihubungkan melalui *relay*.

5) *Power Supply* untuk ESP8266 atau ESP32:

ESP8266 atau ESP32 membutuhkan suplai daya 3.3V atau 5V tergantung tipe modul yang digunakan. Bisa menggunakan adaptor USB, *power bank*, atau *converter module* yang sesuai untuk memberi daya pada ESP.

6) *Resistor* (untuk rangkaian LDR):

Resistor diperlukan untuk membuat rangkaian pembagi tegangan bersama LDR sehingga ESP8266 atau ESP32 dapat membaca nilai analog dari sensor cahaya.

7) *Kabel Jumper dan Breadboard* (opsional untuk pengujian):

Kabel jumper dan breadboard berguna untuk menyambungkan berbagai komponen secara sementara dan mempermudah proses pengujian sebelum dirakit permanen.

4.2. Desain Rangkaian Elektronik

Diagram rangkaian dari sistem pengontrol lampu otomatis dan semi-otomatis melalui Wi-Fi, yang terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu ESP8266, *Relay Module*, dan LDR (*Light Dependent Resistor*). Berikut penjelasan dari masing-masing bagian dan koneksi antar komponen dalam diagram:

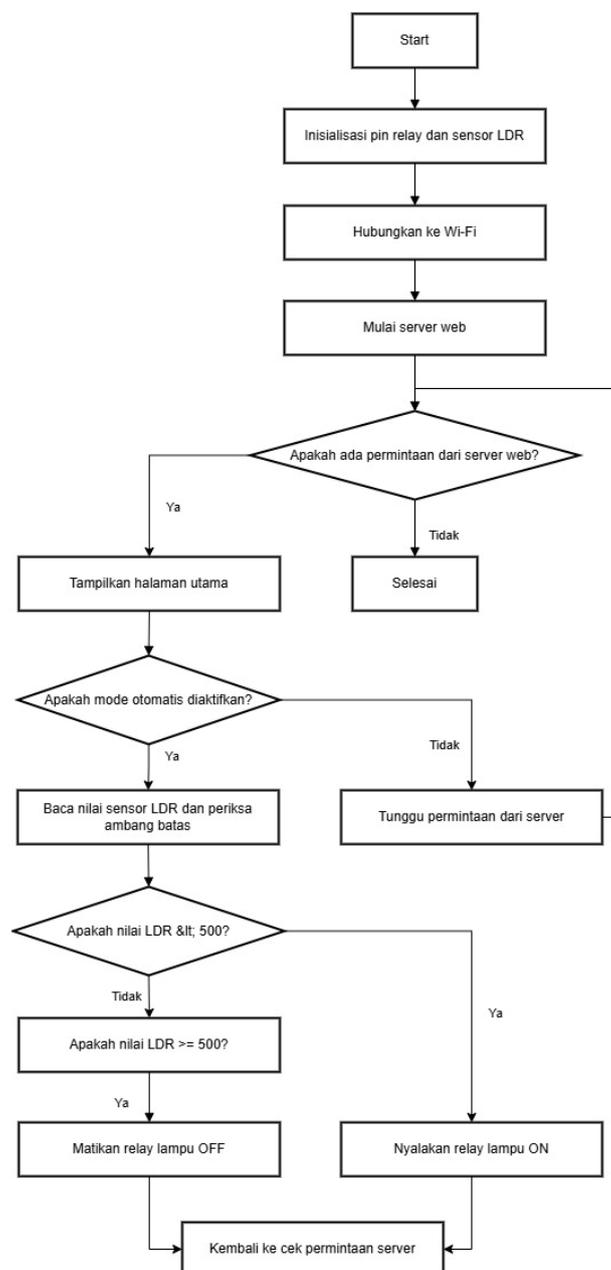
1) *ESP8266*:

GPIO5: Pin ini digunakan untuk mengontrol *Relay Module*. Ketika menerima sinyal dari program, GPIO5 akan mengirimkan sinyal ke pin kontrol pada *relay* untuk mengaktifkan atau menonaktifkan lampu. A0: Pin ini terhubung ke LDR untuk membaca tingkat pencahayaan di sekitar. Data yang diterima oleh A0 digunakan oleh ESP8266 untuk menentukan kapan

4.3. Pengembangan Kode Program

Flowchart ini menggambarkan alur kerja kode program ESP8266 yang mengontrol lampu melalui Wi-Fi dengan dua mode: semi otomatis melalui server web dan otomatis menggunakan sensor cahaya (LDR). Berikut penjelasan langkah demi langkahnya:

- 1) Mulai (*Start*):
Program dimulai dengan inisialisasi pin untuk *relay* dan sensor cahaya (LDR) yang terhubung ke ESP8266.
- 2) Inisialisasi Pin *Relay* dan Sensor LDR:
Program mengonfigurasi pin yang digunakan untuk *relay* dan sensor cahaya.
- 3) Hubungkan ke Wi-Fi:
ESP8266 menghubungkan dirinya ke jaringan Wi-Fi dengan menggunakan SSID dan password yang telah ditentukan.
- 4) Mulai Server Web:
Setelah terhubung ke Wi-Fi, ESP8266 menjalankan server web yang memungkinkan pengguna mengakses kontrol lampu melalui browser.



Gambar 3. *Flowchart* kode program

- 5) Apakah Ada Permintaan dari Server Web?:
Program memeriksa apakah ada permintaan dari server web, seperti menyalakan, mematikan, atau mengaktifkan mode otomatis. Jika Tidak Ada Permintaan: Program langsung berakhir di langkah "Selesai". Jika Ada Permintaan: Program akan menampilkan halaman utama kontrol di browser.
- 6) Tampilkan Halaman Utama:
Halaman utama kontrol menampilkan opsi untuk mengaktifkan mode otomatis atau kontrol semi otomatis (menyalakan atau mematikan lampu).
- 7) Apakah Mode Otomatis Diaktifkan?:
Program memeriksa apakah pengguna telah memilih mode otomatis. Jika Tidak: Program akan menunggu permintaan dari server untuk kontrol semi otomatis. Jika Ya: Program akan melanjutkan ke pembacaan sensor cahaya.
- 8) Baca Nilai Sensor LDR dan Periksa Ambang Batas:
Program membaca nilai dari sensor cahaya (LDR) untuk menentukan intensitas cahaya di lingkungan.
- 9) Apakah Nilai LDR < 500?:
Program memeriksa apakah nilai LDR lebih kecil dari 500, yang menandakan bahwa kondisi di sekitar gelap. Jika Ya: Program akan menyalakan *relay* (lampu ON). Jika Tidak: Program melanjutkan ke langkah berikutnya untuk memeriksa apakah nilai LDR lebih besar atau sama dengan 500.
- 10) Apakah Nilai LDR >= 500?:
Jika nilai LDR lebih besar atau sama dengan 500, program menganggap bahwa kondisi di sekitar cukup terang. Jika Ya: Program akan mematikan *relay* (lampu OFF).
- 11) Kembali ke Cek Permintaan Server:
Setelah menyelesaikan pengaturan lampu berdasarkan nilai LDR, program kembali ke langkah untuk mengecek permintaan dari server dan mengulangi proses.

Flowchart ini memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana program beroperasi dan beradaptasi dengan input dari pengguna atau kondisi lingkungan melalui sensor LDR.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266WebServer.h>

// Konfigurasi jaringan WiFi
const char* ssid = "Nama WiFi"; // Ganti nama WiFi
const char* password = "Password_WiFi"; // Ganti password WiFi

// Pin untuk relay dan LDR
const int relayPin = D1; // Pin relay terhubung ke GPIO5 pada ESP8266
const int ldrPin = A0; // Pin analog untuk membaca sensor cahaya (LDR)

// Server web
ESP8266WebServer server(80);

// Variabel mode kontrol
bool autoMode = false; // Menentukan apakah sistem berada di mode otomatis
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  // Konfigurasi pin
  pinMode(relayPin, OUTPUT);
  digitalWrite(relayPin, HIGH); // Mematikan relay (HIGH biasanya mematikan relay
  pada modul tertentu)

  // Menghubungkan ke WiFi
  Serial.print("Menghubungkan ke WiFi");
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println();
  Serial.print("Terhubung ke WiFi, IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  // Konfigurasi server web
  server.on("/", handleRoot);
  server.on("/on", handleOn);
}
```

```

server.on("/off", handleOff);
server.on("/auto", handleAuto);
server.begin();
Serial.println("Server web dimulai.");
}
void loop() {
  // Menangani permintaan dari server
  server.handleClient();
  // Mode otomatis berdasarkan sensor LDR
  if (autoMode) {
    int ldrValue = analogRead(ldrPin);
    Serial.print("Nilai LDR: ");
    Serial.println(ldrValue);
    // Atur ambang batas LDR untuk menyalakan/mematikan lampu
    if (ldrValue < 500) { // Kondisi gelap, menyalakan lampu
      digitalWrite(relayPin, LOW);
    } else { // Kondisi terang, mematikan lampu
      digitalWrite(relayPin, HIGH);
    }
  }

  // Fungsi untuk menampilkan halaman utama
  void handleRoot() {
    String html = "<h1>Kontrol Lampu</h1>";
    html += "<p><a href=\"/on\">Nyalakan Lampu</a></p>";
    html += "<p><a href=\"/off\">Matikan Lampu</a></p>";
    html += "<p><a href=\"/auto\">Mode Otomatis</a></p>";
    server.send(200, "text/html", html);
  }

  // Fungsi untuk menyalakan lampu secara semi otomatis
  void handleOn() {
    autoMode = false; // Matikan mode otomatis
    digitalWrite(relayPin, LOW); // Nyalakan lampu
    server.send(200, "text/html", "<p>Lampu dinyalakan</p><a href=\"/\">Kembali</a>");
  }

  // Fungsi untuk mematikan lampu secara semi otomatis
  void handleOff() {
    autoMode = false; // Matikan mode otomatis
    digitalWrite(relayPin, HIGH); // Matikan lampu
    server.send(200, "text/html", "<p>Lampu dimatikan</p><a href=\"/\">Kembali</a>");
  }

  // Fungsi untuk mengaktifkan mode otomatis
  void handleAuto() {
    autoMode = true; // Aktifkan mode otomatis
    server.send(200, "text/html", "<p>Mode otomatis diaktifkan</p><a href=\"/\">Kembali</a>");
  }
}

```

Gambar 4. Kode program arduino ide

4.4. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan fungsional, stabilitas, dan efisiensi dari sistem kontrol lampu berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan. Pengujian dimulai dengan pengujian kontrol manual via web, di mana pengguna dapat menyalakan dan mematikan lampu melalui browser. Saat tombol "Nyalakan Lampu" dan "Matikan Lampu" diklik pada antarmuka web, lampu merespons dengan benar sesuai perintah, dan status pada browser diperbarui secara real-time. Kedua pengujian ini berhasil dijalankan tanpa kendala.

Selanjutnya, dilakukan pengujian mode otomatis berdasarkan intensitas cahaya. Ketika sensor LDR ditutup untuk mensimulasikan kondisi gelap (nilai LDR < 500), lampu menyala secara otomatis. Sebaliknya, ketika sensor disinari (nilai LDR ≥ 500), sistem mematikan lampu secara otomatis. Fungsi otomatis ini berjalan responsif dengan waktu reaksi kurang dari dua detik terhadap perubahan cahaya, menunjukkan sistem bekerja sesuai desain.

Transisi mode dari semi otomatis ke otomatis juga diuji melalui tombol "Mode Otomatis" pada halaman web. Sistem dapat beralih mode dengan lancar, tanpa perlu restart atau reset mikrokontroler, dan tetap mempertahankan koneksi ke server web. Uji kestabilan koneksi dilakukan dengan mengakses server web sebanyak 10 kali dalam durasi 3 jam. Hasilnya

menunjukkan bahwa server tetap responsif dan sistem tidak mengalami hang maupun disconnect selama waktu pengujian.

Untuk menguji ketahanan sistem, perangkat dioperasikan selama enam jam penuh, dengan kontrol berkala setiap 30 menit. Sistem mampu mempertahankan fungsionalitas dan koneksi secara terus-menerus, menunjukkan keandalan perangkat keras dan perangkat lunak dalam kondisi operasional jangka menengah.

Pengujian terakhir difokuskan pada efisiensi energi. Dalam simulasi penggunaan selama enam jam, dibandingkan antara mode otomatis dan kondisi di mana lampu selalu dalam keadaan ON (mode manual). Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan mode otomatis mampu mengurangi waktu menyala lampu hingga 45%, membuktikan bahwa sistem mampu berkontribusi terhadap penghematan energi secara signifikan.

Secara keseluruhan seluruh fitur yang diuji, baik kontrol manual, otomatisasi berbasis cahaya, transisi mode, stabilitas koneksi, ketahanan sistem, dan efisiensi daya berhasil dijalankan dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya fungsional, tetapi juga stabil, responsif, dan relevan untuk diterapkan dalam konteks penghematan energi rumah pintar berbasis IoT.

Tabel 3. Instrumen Pengujian Fungsionalitas Sistem

No	Fitur yang Diuji	Kondisi Uji	Input/Simulasi	Output yang Diharapkan	Hasil Aktual
1	Kontrol Manual via Web	Pengguna menyalakan lampu dari browser	Klik tombol "Nyalakan Lampu"	Lampu menyala, status di browser ter-update	Berhasil
2	Kontrol Manual via Web	Pengguna mematikan lampu dari browser	Klik tombol "Matikan Lampu"	Lampu mati, status di browser ter-update	Berhasil
3	Mode Otomatis (Kondisi Gelap)	Sensor LDR ditutup (simulasi gelap)	Nilai LDR < 500	Lampu menyala otomatis	Berhasil
4	Mode Otomatis (Kondisi Terang)	LDR disinari (simulasi terang)	Nilai LDR \geq 500	Lampu mati otomatis	Berhasil
5	Switch Mode Manual ke Otomatis	Pengguna klik tombol "Mode Otomatis" di halaman web	Perubahan mode melalui URL /auto	Sistem berpindah ke mode otomatis	Berhasil
6	Stabilitas Koneksi Wi-Fi	Sistem aktif selama 3 jam dan pengguna lakukan kontrol berkala	Server web diakses 10 kali dalam 3 jam	Server tetap responsif dan sistem tidak hang	Stabil dan Responsif
7	Respons Mode Otomatis	Perubahan intensitas cahaya cepat (terang \rightarrow gelap \rightarrow terang)	Simulasi LDR secara cepat dan bertahap	Lampu menyala dan mati mengikuti perubahan intensitas cahaya	Responsif dalam <2 detik
8	Ketahanan Sistem	Sistem dinyalakan selama 6 jam penuh	Kontrol berkala tiap 30 menit	Server tetap aktif, sistem tetap responsif	Stabil selama 6 jam
9	Efisiensi Energi Otomatis	Perbandingan penggunaan lampu selama 6 jam	Mode otomatis vs mode manual selalu ON	Mode otomatis mengurangi waktu nyala lampu \geq 30%	Penghematan waktu ON hingga 45%

4.5. Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil menjalankan semua fitur utama secara fungsional. Pada mode semi otomatis, pengguna dapat dengan mudah mengontrol lampu dari browser lokal menggunakan antarmuka sederhana. Tidak ditemukan delay atau *error* selama proses kontrol manual, bahkan setelah sistem dinyalakan selama beberapa jam.

Sementara itu, mode otomatis menunjukkan kinerja yang stabil dan responsif terhadap perubahan intensitas cahaya. Ambang batas LDR yang digunakan (nilai 500) terbukti efektif dalam membedakan kondisi terang dan gelap secara konsisten. Sistem juga mampu merespons perubahan pencahayaan dengan jeda <2 detik, yang cukup memadai untuk kebutuhan rumah tangga.

Temuan ini secara langsung menjawab masalah utama yang diangkat di awal penelitian, yaitu bagaimana merancang sistem kontrol lampu yang efisien dan mudah digunakan. Dibandingkan penelitian terdahulu yang umumnya hanya menggunakan satu mode kontrol [10][13][18], penelitian ini menunjukkan kelebihan dengan menyatukan dua mode kontrol dalam satu sistem yang ringan, sederhana, dan tanpa bergantung pada aplikasi eksternal.

Selain itu, penelitian ini memperkuat hasil studi [5][8][14] yang menyatakan bahwa sistem IoT dapat meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan pengguna dalam pengelolaan perangkat rumah tangga. Temuan dalam penelitian ini menambah kontribusi baru dengan pendekatan *low cost* dan implementasi sederhana berbasis mikrokontroler ESP8266, yang dapat direplikasi dengan mudah oleh masyarakat umum maupun institusi pendidikan.

5. Simpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol lampu otomatis dan semi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan mikrokontroler ESP8266 dan sensor cahaya LDR. Sistem ini menggabungkan dua mode pengoperasian: mode semi otomatis yang memungkinkan pengguna mengontrol lampu melalui antarmuka web berbasis jaringan lokal, dan mode otomatis yang secara mandiri menyalakan atau mematikan lampu berdasarkan intensitas cahaya di lingkungan sekitar.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur fungsional dapat dijalankan dengan tingkat keberhasilan 100%, baik dalam skenario kontrol manual maupun otomatis. Sistem menunjukkan respons yang cepat, dengan waktu reaksi kurang dari dua detik terhadap perubahan intensitas cahaya. Pengujian ketahanan membuktikan bahwa sistem mampu beroperasi selama 6 jam penuh tanpa gangguan, dan tetap stabil dalam koneksi maupun eksekusi perintah. Selain itu, mode otomatis terbukti mampu menghemat waktu nyala lampu hingga 45% dibandingkan dengan mode manual, sehingga berkontribusi pada efisiensi penggunaan energi listrik.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem ini memiliki kinerja yang handal, mudah digunakan, serta efektif dalam mendukung efisiensi energi di lingkungan rumah maupun fasilitas umum. Ke depan, sistem ini berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan fitur seperti integrasi cloud, pengaturan ambang sensor yang adaptif, atau antarmuka mobile untuk kontrol lintas jaringan.

Daftar Referensi

- [1] O. Ayan and B. Turkyay, "IoT-Based Energy Efficiency in Smart Homes by Smart Lighting Solutions," in *2020 21st International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2020 - Proceedings*, Istanbul, Turkey: IEEE, 2020, pp. 1-5. doi: 10.1109/SIELA49118.2020.9167065.
- [2] A. Skar, A. Vestergaard, S. M. Pour, and M. Pettinari, "Internet-of-Things (IoT) Platform for Road Energy Efficiency Monitoring," *Sensors*, vol. 23, no. 5, pp. 1–24, 2023, doi: 10.3390/s23052756.
- [3] S. Rani *et al.*, "Arduino Based Multisensor Smart Monitoring Device for Electrical Appliances," *Macromol Symp*, vol. 407, no. 1, 2023, doi: 10.1002/masy.202100363.
- [4] M. A. Abul-Soud, M. S. A. Emam, and Sh. M. Mohammed, "Smart Hydroponic Greenhouse (Sensing, Monitoring and Control) Prototype Based on Arduino and IOT," *Int J Plant Soil Sci*, vol. 33, no. 4, pp. 63–77, Apr. 2021, doi: 10.9734/ijpss/2021/v33i430430.
- [5] T. A. Shamasta and S. D. Ayuni, "Automatic Control of Lights in a Room Using IoT-Based PIR Sensor," *UMSIDA Preprints*, pp. 1–7, May 2024, doi: 10.21070/ups.4720.

- [6] R. Anggriani, M. Yusfi, and R. Rasyid, "Sistem Kontrol Lampu Otomatis dan Peringatan Barang Bawaan yang Tertinggal di Toilet Umum," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 12, no. 2, pp. 241–247, Apr. 2023, doi: <https://doi.org/10.25077/jfu.12.2.241-247.2023>.
- [7] Y. Yulisman, I. Ikhsan, A. Febriani, and R. Melyanti, "Penerapan Internet of Things (IoT) Kontrol Lampu Menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Smartphone," *Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 10, no. 2, pp. 136–143, Oct. 2021, doi: [10.33060/JIK/2021/Vol10.Iss2.231](https://doi.org/10.33060/JIK/2021/Vol10.Iss2.231).
- [8] A. M. Ibrahim and A. Solikhin, "Sistem Kontrol Dan Monitoring Berbasis IoT Pada Lampu Dan AC Di Laboratorium Komputer Politeknik Mitra Karya Mandiri," *Just IT: Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi, dan Komputer*, vol. 13, no. 2, pp. 87–91, Aug. 2023, doi: <https://doi.org/10.24853/justit.13.2.87-91>.
- [9] M. Irfan and R. P. Astutik, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Otomatis Lampu Lobi Kantor Berbasis Photocell Dan Timer Switch Di Rsud Ibnu Sina Kabupaten Gresik," *E-Link: Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, vol. 18, no. 1, pp. 65–72, May 2023, doi: <https://doi.org/10.30587/e-link.v18i1.5355>.
- [10] V. A. Mardi Utomo, C. Mahendra, and Y. Lianawati, "Sistem Kontrol Lampu Dan Kipas Angin Dengan Google Assistant Berbasis IoT," *Jurnal Elektronika dan Teknik Informatika Terapan (JENTIK)*, vol. 1, no. 4, pp. 18–31, Oct. 2023, doi: [10.59061/jentik.v1i4.463](https://doi.org/10.59061/jentik.v1i4.463).
- [11] A. Malik and F. Gonsalves, "Uses of IOT in Home Appliances," *Journal of IoT Security and Smart Technologies*, vol. 1, no. 3, pp. 13–7, 2022, doi: [10.46610/jisst.2022.v01i03.002](https://doi.org/10.46610/jisst.2022.v01i03.002).
- [12] E. D. J. M. Corbafo, Y. P. K. Kelen, B. Baso, and W. Sucipto, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Dan Monitoring Suhu Serta Kontrol Lampu Kandang Ayam Broiler Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Smart Techno (Smart Technology, Informatics and Technopreneurship)*, vol. 5, no. 2, pp. 10–16, Sep. 2023, doi: [10.59356/smart-techno.v5i2.95](https://doi.org/10.59356/smart-techno.v5i2.95).
- [13] G. Wijiyanto, M. B. Haryono, and A. Mukhtar, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Lampu Rumah Menggunakan Smartphone Berbasis Arduino Uno," *Mechanical*, vol. 15, no. 1, pp. 6–11, Oct. 2024, doi: <https://doi.org/10.23960/mech.v15i1.2776>.
- [14] A. Aldi, "Rancang Bangun Sistem Kendali Intensitas Cahaya Lampu Ruangan Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 1, pp. 178–185, Jan. 2024, doi: [10.23960/jitet.v12i1.3642](https://doi.org/10.23960/jitet.v12i1.3642).
- [15] Y. Tambing, "Prototype Sistem Kontrol Lampu Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Nodemcu," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 1, pp. 266–274, Jan. 2024, doi: [10.23960/jitet.v12i1.3702](https://doi.org/10.23960/jitet.v12i1.3702).
- [16] W. Sy Hui and R. Sanudin, "Evolution In Electrical And Electronic Engineering lot-Based Smart Home Door Lock Security System Using Esp32," vol. 5, no. 1, pp. 195–203, 2024, doi: [10.30880/eeee.2024.05.01.025](https://doi.org/10.30880/eeee.2024.05.01.025).
- [17] I. Muthmainnah and L. Hasanudin, "Perancangan Prototype Sistem Kontrol Hybrid On/Off Lampu Berbasis Internet Of Things (lot) Sebagai Upaya Penghematan Energi," *Resistor: Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik*, vol. 1, pp. 24–32, Jun. 2023, doi: <https://doi.org/10.36709/resistor.v1i1.4>.
- [18] R. Faza Aulia, Y. Murdianingsih, M. Faizal, U. Tatang Suryadi, and A. Zezen Zaenal Abidin, "Sistem Kontrol Lampu Teras Rumah Berbasis IoT (Internet of Things) Menggunakan Metode Naïve Bayes Pada Platform Node-Red," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 17, no. 2, pp. 96–107, Oct. 2024, doi: <https://doi.org/10.47561/a.v17i2.271>.
- [19] S. Pramono, J. B. Tarihoran, and G. Wibisono, "Implementasi Moving Average Filter untuk Sensor Tegangan pada Sistem Kontrol dan Monitoring Lampu Jalan," *Dinamika Rekayasa*, vol. 19, no. 1, pp. 37–44, 2023, doi: [http://dx.doi.org/10.20884/1.dr.2023.19.1.536](https://doi.org/10.20884/1.dr.2023.19.1.536).
- [20] M. Ubaidillah and delia O. Pristisahida, "Penerapan Internet Of Things (lot) Pada Sistem Kontrol Lampu Pondok Pesantren Assalafiyah Menggunakan Nodemcu Esp 8266," *Action Research Literate*, vol. 8, no. 4, pp. 799–805, Jun. 2024, doi: <https://doi.org/10.46799/arl.v8i4.326>.