

Rancang Bangun Sistem Penerangan Otomatis Berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Mini pada Rumah Adat Panggung Panjang Kalimantan

Fadillah Edy Nugroho¹, Kevin Agustian², Tegar Priambodo³, Yafi' Ilyasa⁴, Rudi Susanto⁵

¹Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

¹250103135@mhs.udb.ac.id

² Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

^{2*}250103142@mhs.udb.ac.id (penulis korespondensi)

³Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

³250103148@mhs.udb.ac.id

⁴Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

⁴250103149@mhs.udb.ac.id

⁵Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

⁵Rudi_Susanto@udb.ac.id

Abstrak— Kebutuhan akan energi alternatif yang ramah lingkungan dan sistem kontrol daya yang efisien saat ini menjadi fokus penting dalam perkembangan teknologi. Penelitian ini bertujuan merancang sistem penerangan otomatis berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mini pada maket Rumah Adat Panggung Panjang Kalimantan sebagai representasi purwarupa edukasi teknologi. Sistem memanfaatkan panel surya mini sebagai sumber energi, baterai sebagai penyimpan daya, sensor LDR sebagai pendeteksi intensitas cahaya, Arduino Uno R3 sebagai pengendali, serta LED sebagai media penerangan. Metode penelitian meliputi analisis kebutuhan, perancangan diagram blok, perancangan flowchart, desain wiring, integrasi perangkat pada maket, dan pengujian sistem. Hasil perancangan menunjukkan sistem mampu mendeteksi perubahan intensitas cahaya lingkungan dan mengendalikan daya lampu secara otomatis menggunakan logika *Pulse Width Modulation* (PWM). Ketika kondisi gelap terdeteksi, lampu akan menyala secara otomatis, sedangkan saat kondisi terang lampu akan mati dan baterai diisi melalui panel surya. Sistem yang dikembangkan ini terbukti mendukung efisiensi konsumsi energi serta sukses menerapkan teknologi energi terbarukan pada media pembelajaran kelistrikan dan edukasi budaya.

Kata kunci— Rumah Adat, Arduino Uno, PLTS Mini, Sensor LDR, Lampu pintar,

Abstract— The need for eco-friendly alternative energy and efficient power control systems has become a crucial focus in modern technological advancement. This study aims to design an automatic lighting system powered by a mini solar power system (PLTS) implemented on a scale model of the Rumah Adat Panggung Panjang Kalimantan as an educational technology prototype. The system utilizes a mini solar panel as the energy source, a battery for energy storage, an LDR sensor to detect light intensity, an Arduino Uno R3 as the controller, and LEDs for illumination. The research methodology encompasses requirements analysis, block diagram and flowchart design, wiring layout, hardware integration into the scale model, and system testing. The design results demonstrate that the system is capable of detecting changes in ambient light intensity and automatically controlling the light output using *Pulse Width Modulation* (PWM) logic. When darkness is detected, the lights turn on automatically; conversely, when it is bright, the lights turn off and the battery charges via the solar panel. The developed system successfully supports power consumption efficiency and effectively applies renewable energy technology within cultural educational tools.

Keywords— Traditional House, Arduino Uno, Mini Solar Power System, LDR Sensor, Smart Lighting

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi listrik saat ini menjadi kebutuhan yang sangat penting dalam berbagai aspek kehidupan. Seiring meningkatnya jumlah penduduk dan perkembangan teknologi, kebutuhan energi listrik juga terus mengalami peningkatan. Namun, penggunaan sumber energi konvensional yang berasal dari bahan bakar fosil

memiliki keterbatasan dan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan pemanfaatan sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Salah satu sumber energi terbarukan yang banyak dikembangkan untuk menjawab permasalahan tersebut adalah energi matahari.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, energi matahari dapat dimanfaatkan secara optimal melalui teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang mampu mengubah sinar matahari menjadi energi listrik menggunakan panel surya [1]. Selain mudah diperoleh, energi matahari juga tersedia secara melimpah dan tidak menghasilkan polusi, sehingga menjadi solusi yang efektif untuk memenuhi kebutuhan energi di masa depan.

Di sisi lain, masalah pemborosan energi listrik masih sering terjadi, terutama pada sistem penerangan yang tetap menyala meskipun tidak diperlukan akibat kelalaian manusia. Sebagai solusinya, tinjauan dari beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa penerapan sistem kontrol otomatis menggunakan sensor cahaya *Light Dependent Resistor* (LDR) sangat efektif untuk meningkatkan efisiensi daya. Sensor LDR mampu mendeteksi intensitas cahaya di lingkungan sekitar dan digunakan untuk mengatur kondisi nyala atau matinya lampu secara otomatis [2]-[6].

Berdasarkan latar belakang dan tinjauan literatur di atas, maka maksud dari riset ini adalah merancang bangun sebuah miniatur Rumah Adat Panggung Panjang Kalimantan yang dilengkapi dengan sistem PLTS mini dan sensor cahaya LDR. Tujuan dari riset ini dilakukan adalah untuk menunjukkan implementasi teknologi elektronika modern dalam pemanfaatan energi terbarukan dan penghematan energi listrik. Selain itu, proyek ini juga bertujuan sebagai media edukasi yang menggabungkan unsur teknologi dengan pelestarian budaya tradisional Indonesia, sehingga dapat memberikan nilai pembelajaran yang lebih interaktif dan bermanfaat.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan merancang bangun purwarupa (*prototype*) [7] terdiri dari tahapan berikut ini:

A. Analisis Kebutuhan

Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi seluruh komponen elektronik dan material

struktural yang diperlukan dalam pembuatan proyek. Perangkat keras utama yang dibutuhkan meliputi panel surya mini, sensor LDR, mikrokontroler Arduino Uno R3, baterai isi ulang, dan lampu LED. Kebutuhan pendukung elektronika mencakup modul LCD I2C 16x2, saklar ON/OFF, resistor, dan kabel jumper. Sementara itu, kebutuhan material untuk membangun fisik maket Rumah Adat Panggung Panjang [8] terdiri dari kayu balsa, stik es krim, triplek atau kardus tebal sebagai alas, serta lem tembak sebagai perekat utama antar-struktur.

B. Perancangan Sistem

Perancangan sistem meliputi diagram blok aliran kerja dan zonasi fisik komponen pada maket bangunan. Aliran kerja elektronik dibagi menjadi tahap input dari panel surya dan sensor LDR, tahap proses oleh mikrokontroler Arduino Uno R3 [9] menggunakan logika ambang batas, serta tahap output berupa pengendalian lampu LED dan pembaruan informasi pada layar LCD I2C 16x2 [10]. Untuk menjaga estetika asli rumah adat, penempatan komponen dirancang secara tersembunyi melalui zonasi fisik, di mana panel surya dan sensor LDR [3]-[5] diletakkan pada bagian atap, lampu LED dipasang menggantung di ruang interior, dan layar LCD ditanam rapi pada bagian dinding teras depan maket.

C. Pembuatan (Implementasi)

Tahap ini dilakukan dengan merakit komponen elektronik pada papan rangkaian sesuai skema, termasuk menghubungkan sensor LDR dengan resistor pembagi tegangan menuju Arduino Uno R3. Secara bersamaan, fisik maket Rumah Adat Panggung Panjang dibangun menggunakan material kayu balsa dan stik es krim yang direkatkan dengan lem tembak. Rangkaian elektronik yang telah siap kemudian diintegrasikan secara tersembunyi ke dalam maket sesuai zonasi rancangan agar tidak merusak nilai estetika asli bangunan tradisional.

D. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan memanipulasi intensitas cahaya di sekitar sensor LDR untuk memverifikasi logika kontrol otomatis pada lampu LED. Berdasarkan hasil

pengujian, sistem terbukti bekerja dengan tingkat respons yang sangat baik. Lampu LED otomatis mati saat kondisi lingkungan terang atau saat sensor disinari senter, berubah menjadi redup ketika kondisi sekitar temaram atau agak redup, serta langsung menyala terang secara penuh saat kondisi gelap. Hasil ini menegaskan bahwa seluruh integrasi fungsional perangkat keras dan algoritma mikrokontroler berhasil beroperasi dengan akurat tanpa kegagalan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem penerangan otomatis berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mini pada maket Rumah Adat Panggung Panjang Kalimantan. Pembahasan dilakukan berdasarkan hasil desain sistem, implementasi perangkat keras, serta pengujian fungsional untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam mengendalikan lampu secara otomatis berdasarkan intensitas cahaya yang diterima sensor LDR.

A. Analisis Kebutuhan

Berdasarkan perancangan sistem penerangan otomatis yang telah dilakukan, integrasi antara perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) sangat krusial agar sistem dapat beroperasi sesuai dengan tujuan penelitian. Berikut adalah hasil analisis dan pembahasan kebutuhan sistem:

1. Kebutuhan Perangkat Keras (Hardware)

Perangkat keras merupakan komponen fisik yang membentuk purwarupa sistem. Kebutuhan utama meliputi:

- Arduino Uno R3: Dipilih sebagai pusat kendali (mikrokontroler) karena memiliki pin analog yang ideal untuk membaca data sensor LDR dan pin *Pulse Width Modulation* (PWM) yang dibutuhkan untuk mengatur tingkat kecerahan lampu LED.
- Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*): Berfungsi sebagai alat *input* untuk mendeteksi perubahan intensitas cahaya di lingkungan sekitar maket secara *real-time*.

- Panel Surya Mini & Modul TP4056: Panel surya 5V bertugas mengonversi energi matahari menjadi listrik, sedangkan modul TP4056 manajemen pengisian daya baterai *Lithium-ion* 18650 secara aman (mencegah *overcharge*).

- Komponen Pendukung: Meliputi lampu LED sebagai *output* penerangan utama, modul LCD I2C 16x2 untuk menampilkan status sistem secara efisien (karena hanya membutuhkan 2 pin data), serta kabel *jumper* dan resistor pembagi tegangan (10k Ohm).

2. Kebutuhan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak digunakan untuk memberikan instruksi logika kepada perangkat keras. Kebutuhan perangkat lunak meliputi:

- Arduino IDE (*Integrated Development Environment*): Aplikasi ini digunakan untuk menulis kode program (*coding*) menggunakan bahasa C/C++, melakukan kompilasi, dan mengunggahnya ke dalam papan Arduino Uno R3.

- Library Tambahan: Dalam pengembangannya, digunakan pustaka (*library*) khusus seperti `LiquidCrystal_I2C.h` yang mempermudah pemrograman dan komunikasi antara mikrokontroler dengan layar LCD I2C tanpa harus memprogram protokol dari nol.

B. Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem berfokus pada integrasi fungsional dari seluruh komponen elektronik agar mampu bekerja secara otomatis dan aman saat diimplementasikan pada maket fisik Rumah Adat Panggung Panjang. Desain rancangan ini dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu perancangan diagram blok, perancangan diagram alir (flowchart) logika program, serta perancangan skema kelistrikan (wiring diagram).

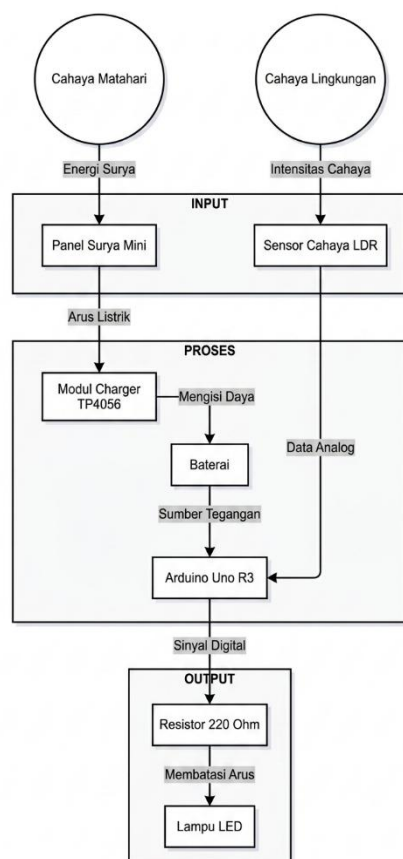
1. Diagram Blok Sistem

Diagram blok digunakan untuk memetakan alur kerja sistem penerangan otomatis secara makro, yang mengelompokkan komponen ke dalam tiga tahapan utama: *input*, *proses*, dan *output*.

a. **Bagian Input:** Terdiri atas panel surya mini dan sensor LDR. Panel surya bertindak sebagai penangkap energi matahari sekaligus detektor siang hari (melalui tegangan yang dihasilkan), sementara sensor LDR mendeteksi nilai intensitas cahaya di lingkungan sekitar maket secara spesifik.

b. **Bagian Proses:** Menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 yang bertugas menerima data analog dari sensor LDR, mengolah nilai tersebut melalui logika ambang batas (*threshold*), serta mengatur manajemen pengisian baterai via modul TP4056.

c. **Bagian Output:** Terdiri atas lampu LED interior maket yang tingkat kecerahannya dikontrol secara dinamis, serta modul layar LCD I2C 16x2 yang bertugas menampilkan teks informasi status sistem dan nilai intensitas cahaya secara *real-time*

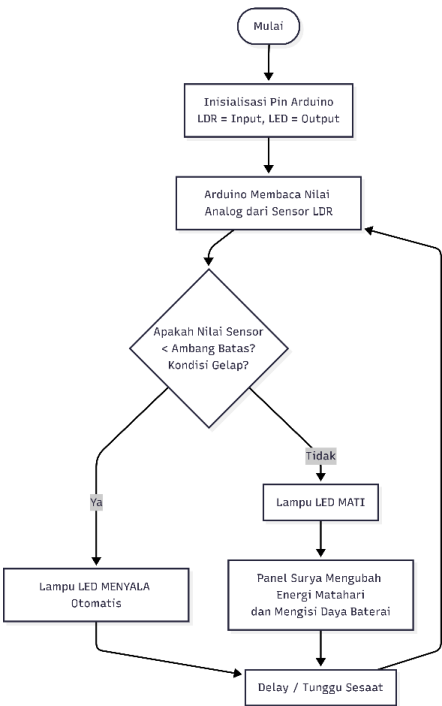


Gambar 1. Diagram Blok Sistem Penerangan Otomatis dan PLTS Mini

2. Flowchart Alur Program

Representasi logika pemrograman yang ditanamkan pada chip ATmega328p di dalam Arduino Uno dirancang menggunakan diagram alir (*flowchart*). Alur algoritma ini berjalan secara berulang (*looping*) dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) **Inisialisasi:** Sistem memulai daya dan mengaktifkan komunikasi I2C pada layar LCD serta menetapkan pin input/output.
- 2) **Pembacaan Sensor:** Arduino membaca nilai tegangan analog dari sensor LDR (rentang 0-1023).
- 3) **Pengondisian Logika:**
 - a. Jika nilai LDR tinggi (kondisi terang/siang), maka Arduino memberikan *output* PWM bernilai 0 ke lampu LED (lampu mati) dan mengalihkan fokus sistem pada pengisian daya baterai melalui panel surya.
 - b. Jika nilai LDR berada di ambang menengah (kondisi temaram/sore), Arduino memberikan *output* PWM menengah (misal: nilai 128) sehingga lampu LED menyala redup.
 - c. Jika nilai LDR rendah (kondisi gelap/malam), Arduino mengirimkan sinyal PWM penuh (nilai 255) agar lampu LED menyala terang.
- 4) **Pembaruan Tampilan:** LCD memperbarui informasi teks berdasarkan kondisi yang sedang aktif sebelum alur kembali membaca sensor LDR.

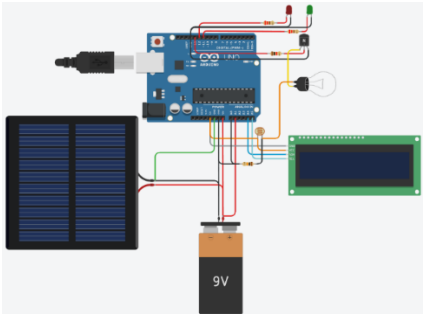


Gambar 2. Flowchart Algoritma Pengendalian Lampu Otomatis

3. Desain Perkabelan (Wiring Diagram)

Perancangan skema perkabelan (*wiring diagram*) sangat penting untuk memetakan interkoneksi elektrik antar-komponen secara presisi dan mencegah terjadinya hubungan arus pendek (*korsleting*) saat perakitan fisik. Pembuatan skema ini disimulasikan menggunakan platform *Tinkercad Circuits*.

Melalui desain *wiring* ini, ditentukan bahwa pin analog A0 Arduino dihubungkan ke sensor LDR dengan konfigurasi resistor pembagi tegangan (*voltage divider*) 10 k Ohm untuk menstabilkan pembacaan data. Pin digital PWM (Pin 3 atau 5) dialokasikan menuju kaki anoda lampu LED guna mendukung kontrol kecerahan lampu. Sementara itu, komunikasi data layar LCD memanfaatkan jalur I2C yang dihubungkan pada pin SCL dan SDA Arduino untuk memangkas penggunaan jumlah pin kabel. Konfigurasi detail penempatan pin dari hasil rancangan kelistrikan ini dirangkum secara sistematis pada Tabel 1.



Gambar 1. Desain Perkabelan pada platform **Tinkercad Circuits**

Tabel 1. Konfigurasi Penempatan Pin Komponen Utama pada Arduino Uno

No	Nama Komponen	Pin Arduino	Jenis Pin	Fungsi
1	Sensor LDR	A0	Analog Input	Membaca tegangan dari pembagi tegangan
2	Lampu LED	Pin 3 (atau 5)	Digital Output (PWM)	Mengatur kecerahan/redup penerangan
3	LCD I2C (SDA)	SDA (A4)	Jalur Data I2C	Transmisi data teks ke layar
4	LCD I2C (SCL)	SCL (A5)	Jalur Clock I2C	Sinkronisasi waktu data I2C

Komponen Elektronik	Pin / Bagian Komponen	Terhubung Ke (Jalur Tujuan)	Keterangan Tambahan
Sensor LDR	Kaki 1	Pin 5V Arduino	-
	Kaki 2	Pin A0 Arduino & Resistor (10k Ohm)	Membentuk sirkuit pembagi tegangan
Lampu LED	Ujung Resistor Lainnya	Pin GND Arduino	-
	Anoda (+) / Kaki Panjang	Pin 9 (PWM) Arduino	Disarankan memakai resistor 220 Ohm
Layar LCD I2C	Katoda (-) / Kaki Pendek	Pin GND Arduino	-
	VCC	Pin 5V Arduino	-
	GND	Pin GND Arduino	-
	SDA / SCL	Pin A4 Arduino / Pin A5 Arduino	Jalur Serial Data / Jalur Serial Clock
Sistem Catu Daya	Panel Surya Positif (+)	Baterai Positif (+)	-
	Panel Surya Negatif (-)	Baterai Negatif (-)	-
	Baterai Positif (+)	Saklar ON/OFF → Pin Vin / 5V	Sebagai pemutus arus daya utama
	Baterai Negatif (-)	Pin GND Arduino	-

C. Pembuatan (Implementasi)

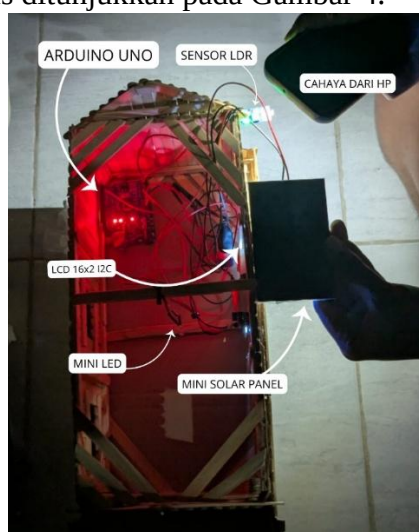
Tahap pembuatan atau implementasi merupakan proses realisasi dari seluruh perancangan yang telah dibuat, baik dari segi fisik bangunan tradisional maupun integrasi

sirkuit elektronik. Tahap ini dibagi menjadi perakitan fisik maket, pengabelan sirkuit, dan penanaman kode program (*coding*) pada mikrokontroler.

1. Pembuatan Maket Rumah Adat

Penempatan Komponen Fisik maket Rumah Adat Panggung Panjang Kalimantan dibangun menggunakan material utama kayu balsa dan stik es krim untuk merepresentasikan arsitektur aslinya. Demi menjaga estetika tradisional bangunan dan menindaklanjuti catatan *reviewer*, penempatan komponen elektronik dirancang secara tersembunyi melalui zonasi fisik.

Panel surya mini dan sensor cahaya LDR ditempatkan secara presisi pada area atap maket agar mendapatkan eksposur intensitas cahaya yang maksimal dari luar. Lampu LED dipasang menggantung secara rapi di dalam ruang interior maket untuk menyimulasikan penerangan ruangan. Sementara itu, modul layar LCD I2C 16x2 ditanam dan disatukan secara rapi pada bagian dinding teras depan maket. Jalur perkabelan (*wiring*) ditarik melalui rongga di balik dinding balsa menuju ruang bawah panggung tempat diletakkannya papan Arduino Uno R3, modul charger TP4056, dan baterai 9 Volt. Langkah ini memastikan seluruh kabel tersembunyi dengan baik dan tidak mengurangi nilai estetika miniatur rumah adat. Hasil akhir perakitan purwarupa fisik sistem penerangan otomatis ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 2. Pengujian sensor LDR dan Wujud fisik dalam rumah adat.

Gambar 4 menunjukkan proses pengujian sensor LDR pada maket Rumah Adat Panggung Panjang. Pengujian dilakukan dengan memanfaatkan cahaya flash telepon genggam untuk mensimulasikan kondisi terang dan menggunakan penutup untuk mensimulasikan kondisi gelap. Berdasarkan hasil pengamatan, lampu LED mampu merespons perubahan cahaya secara cepat dan konsisten.

2. Implementasi Perangkat Lunak

Setelah seluruh komponen terhubung secara elektrik, dilakukan penulisan kode program menggunakan *Software Arduino IDE*. Algoritma yang ditanamkan berfokus pada pembacaan pin analog A0 (LDR) yang dikonversi menjadi keputusan kendali sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) pada pin digital output lampu LED.

Kode program menggunakan fungsi `analogRead()` untuk mengambil data intensitas cahaya sekitar, lalu menggunakan fungsi kondisi `if-else` untuk membagi tingkat kecerahan lampu menjadi tiga kondisi fungsional (Mati, Redup, dan Terang Penuh). Komunikasi data tulisan ke layar display memanfaatkan fungsi dari *library* `LiquidCrystal_I2C.h` agar sinkronisasi informasi status lampu dapat langsung diperbarui setiap terjadi perubahan kondisi cahaya. Cuplikan kode program utama yang mengatur logika kontrol otomatis ini disajikan pada Gambar 5.

```

1  #include <Wire.h>
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3
4  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
5
6  const int pinLDR = A0;
7  const int pinLED = 1;
8  const int threshold = 400;
9
10 void setup()
11 {
12     pinMode(pinLED, OUTPUT);
13
14     lcd.init();
15     lcd.backlight();
16 }
17
18 void loop()
19 {
20     int nilaiLDR = analogRead(pinLDR);
21
22     if (nilaiLDR < threshold)
23     {
24         digitalWrite(pinLED, LOW);
25     }
26     else
27     {
28         digitalWrite(pinLED, HIGH);
29     }
30
31     int persen = map(nilaiLDR, 0, 1023, 0, 100);

```

Gambar 5. Cuplikan Kode Program (*Source Code*) Kendali Otomatis berbasis Arduino IDE

D. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memvalidasi fungsionalitas purwarupa secara keseluruhan, khususnya menguji tingkat respons sensor LDR terhadap berbagai kondisi intensitas cahaya lingkungan serta keakuratan mikrokontroler dalam mengatur keluaran (*output*) pada lampu LED.

Metode pengujian dilakukan secara eksperimental melalui lima skenario kondisi pencahayaan yang diberikan pada permukaan sensor LDR, mulai dari kondisi cahaya alami (terang, agak redup, gelap) hingga manipulasi cahaya buatan (ditutup tangan dan disinari senter).

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, mikrokontroler Arduino Uno R3 terbukti mampu memproses transisi nilai dari sensor LDR secara *real-time*. Algoritma program berhasil mengeksekusi logika *Pulse Width Modulation* (PWM) dengan tepat untuk menghasilkan variasi nyala lampu. Saat sensor mendeteksi cahaya tinggi (kondisi terang atau disinari senter), sistem memutuskan sinyal PWM sehingga lampu mati. Saat cahaya mulai berkurang (kondisi agak redup), sistem menurunkan siklus kerja PWM sehingga lampu menyala redup. Sebaliknya, saat sensor tidak menerima cahaya sama sekali (kondisi gelap atau ditutup tangan), sinyal PWM dimaksimalkan sehingga lampu menyala terang. Rincian data observasi dari hasil pengujian sistem disajikan secara lengkap pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor LDR terhadap Kondisi Lampu LED

No	Kondisi Cahaya	Kondisi Sensor	Lampu LED
1	Terang	Mendeteksi Cahaya	Mati
2	Agak Redup	Cahaya Berkurang	Redup
3	Gelap	Tidak Ada Cahaya	Menyala
4	Ditutup Tangan	Tidak Menerima Cahaya	Menyala
5	Disinari Senter	Cahaya Tinggi	Mati

Hasil pengujian pada Tabel 2 secara empiris membuktikan bahwa integrasi antara komponen sensor sebagai *input* dan lampu LED sebagai *output* telah berjalan sesuai dengan logika

otomatisasi yang dirancang tanpa adanya kegagalan sistem.

IV. KESIMPULAN

Sistem PLTS mini dan sensor LDR pada maket Rumah Adat Panggung Panjang Kalimantan berhasil berfungsi optimal. Hasil pengujian membuktikan algoritma Arduino Uno R3 sangat akurat dan responsif dalam mengendalikan lampu LED otomatis, yang mampu menghemat konsumsi energi harian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Duta Bangsa Surakarta dan seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] International Energy Agency (IEA), "Solar PV," *IEA Renewable Energy Report*, 2024. Tersedia: <https://www.iea.org>
- [2] B. E. Cahyono, I. D. Utami, N. P. Lestari, dan N. S. Oktaviany, "Karakterisasi Sensor LDR dan Aplikasinya pada Alat Ukur Tingkat Kekeruhan Air Berbasis Arduino UNO," *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 7, no. 2, pp. 179–186, 2019. DOI: 10.23960/jtaf.v7i2.219.
- [3] A. A. Syukron dan I. L. Elviyanti, "Pembuatan Sensor Cahaya dengan Memanfaatkan LED dan LDR Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Kridatama Sains dan Teknologi*, vol. 3, no. 2, 2021. DOI: 10.53863/kst.v3i02.435.
- [4] S. Utama, A. Mulyanto, M. A. Fauzi, dan N. U. Putri, "Implementasi Sensor Light Dependent Resistor (LDR) dan LM35 Pada Prototipe Atap Otomatis Berbasis Arduino," *Circuit: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 2, no. 2, 2018. DOI: 10.22373/crc.v2i2.3706.
- [5] R. Firmansyah, M. T. A. Azami, A. Mubarak, dan R. Mubaroqan, "Sensor Lampu Otomatis Berbasis Light Dependent Resistor (LDR)," *Elconika: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 14–16, 2022. DOI: 10.33752/elconika.v1i1.3528.
- [6] K. Y. Siregar dan H. Pangaribuan, "Desain dan Implementasi Sistem Pengendalian Gorden Otomatis Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Light Dependent Resistor," *COMASIE*, vol. 12, no. 3, 2024. DOI: 10.33884/comasiejournal.v12i3.9742.
- [7] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2019.
- [8] Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, *Rumah Adat dan Arsitektur Tradisional Kalimantan*. Jakarta: Kemendikbud.
- [9] Arduino, "Arduino Uno Rev3 Documentation," *Arduino Documentation*, 2023. Tersedia: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>
- [10] Arduino, "LiquidCrystal Library Documentation Bars," *Arduino Documentation*, 2023. Tersedia: <https://docs.arduino.cc/libraries/liquidcrystal/>
- [11] NanJing Top Power ASIC Corp., "TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger Datasheet," 2021.
- [12] TP4056.com, "TP4056 Li-Ion Battery Charger Datasheet," Tersedia: <https://www.tp4056.com/datasheet/>