

# Sistem Kontrol pada Solar Power Tracker Menggunakan Arduino Uno untuk Sistem Penerangan

Irfan Nandang Sulaeman, Komarudin Abdullah, Jeri Widiyanto

**Abstrak**— Penerangan jalan umum menggunakan panel surya sangat diperlukan untuk keamanan pemakai jalan apalagi di daerah yang belum terdapat aliran listrik. Didalam memenuhi kebutuhan penerangan, banyak terdapat permasalahan, misalnya, penyerapan energi listrik pada panel surya yang hanya menghadap satu arah kurang optimal sehingga penerangan tidak bisa bekerja dengan baik. Maka dari itu penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan teknologi *solar power tracker* agar panel surya bergerak mengikuti matahari dan penerimaan cahaya matahari pada panel surya lebih efisien dan maksimal. Pembuatan alat tracking ini menggunakan komponen *Light Dependent Resistor* (LDR) sebagai sensor, motor driver sebagai pengatur kerja dari motor dan aktuator linier sebagai penggerak posisi panel surya. Cahaya matahari yang mengenai sensor LDR membuat resistansinya berubah sehingga mempengaruhi nilai tegangan yang akan diinformasikan ke analog input dengan rentang 0-1023 (10 bit) pada Arduino Uno. Arduino Uno mengolah informasi yang diterima dari sensor LDR dan memberi perintah untuk menggerakkan aktuator linier yang mana akan menggerakkan posisi permukaan panel surya dengan dua arah yaitu mengikuti cahaya matahari dari arah timur ke arah barat.

**Kata Kunci**— *Cogging torque, Flux barrier, PMSG.*

## I. PENDAHULUAN

Sekarang ini sudah banyak pemanfaatan panel surya dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya pada Penerangan Jalan Umum (PJU). PJU menggunakan panel surya sangat diperlukan untuk keamanan pemakai jalan apalagi di daerah yang belum terdapat aliran listrik. Umumnya penampang modul panel surya dipasang menghadap satu arah tertentu. Gerak semu harian matahari menyebabkan matahari mengalami perubahan posisi setiap harinya. Matahari terlihat terbit dari Timur dan tenggelam di Barat, membuat modul panel surya tidak selalu mendapatkan intensitas cahaya yang maksimal sehingga listrik yang dihasilkan juga kurang optimal.[1]

Untuk mendapatkan energi maksimum dari matahari, posisi sinar matahari selalu berada di sudut  $90^\circ$  ke arah sel surya. Hal ini hanya dapat dilakukan dengan memasang perangkat pelacakan surya atau solar power tracker. Solar power tracker adalah suatu sistem yang melacak arah sinar matahari yang diaktifkan oleh sensor dan akan memberikan panduan informasi dan mengarahkan sistem penggerak untuk melacak sinar matahari, sehingga posisi panel surya langsung menghadap

matahari setiap saat dengan arah  $90^\circ$ . Dengan sistem tersebut memastikan penangkapan energi maksimum atau memastikan pengiriman daya maksimum.[2]

Penelitian ini mencoba membuat Sistem Kontrol Solar Power Tracker For Street Light (SPOT STRIGHT). Cara kerja Solar Power Tracker ini melacak cahaya matahari yang mengenai sensor Light Dependent Resistor (LDR) membuat resistansinya berubah sehingga mempengaruhi nilai tegangan yang akan diinformasikan ke analog input Arduino Uno. Arduino Uno mengolah informasi yang diterima dari sensor LDR dan memberi perintah untuk menggerakkan linear aktuator yang mana akan menggerakkan posisi permukaan modul panel surya dengan dua arah yaitu mengikuti cahaya matahari dari arah timur ke arah barat. Dan membuat sistem kontrol untuk lampu PJU dengan memanfaatkan sensor LDR supaya lampu penerangan dapat menyala pada malam hari dan tidak menyala pada siang hari. Untuk meningkatkan keamanan panel surya dan komponen lainnya pada Penerangan Jalan Umum dari pencurian yang sering terjadi, maka pada penelitian ini mendesain tempat pemasangan menjadi lebih kecil dan menyimpan komponen yang digunakan disatukan dengan bagian lampu.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa prosedur dalam pelaksanaannya yaitu prosedur penelitian pengembangan produk dengan metode deskriptif dan evaluatif. Metode deskriptif digunakan untuk mengumpulkan data mengenai kondisi yang ada atau studi kasus. Studi kasus, seperti yang dirumuskan merupakan sebuah metode yang mengacu pada penelitian yang mempunyai unsur *how* dan *why* pada pertanyaan utama penelitiannya dan meneliti masalah-masalah kontemporer (masa kini). Metode evaluatif digunakan untuk mengevaluasi proses uji coba pengembangan suatu produk. Agar penelitian terarah, maka disajikan metode penelitian dalam bentuk diagram alir pada **Gambar 3.1**.

Tahap pertama pada penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan bahan-bahan atau data yang dijadikan sebagai bahan acuan dalam pembuatan suatu produk. Adapun studi kasus yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Studi Pustaka

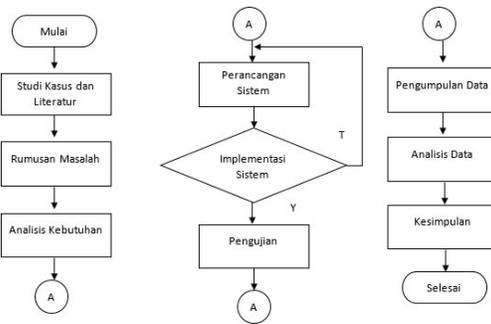
Studi pustaka adalah suatu kegiatan dan pemilihan secara teratur dengan cara menggunakan bahan-bahan dokumentasi seperti buku, majalah, jurnal dan lainlain yang relevan dengan dan mendukung topik penelitian tugas akhir ini.

b. Studi Bimbingan

Studi bimbingan yaitu dengan cara diskusi dan konsultasi dengan dosen pembimbing dan staf pengajar pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang mengenai topik penelitian yang dikerjakan.

c. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukukan dengan cara pengukuran dan pencatatan terhadap alat-alat yang berhubungan dengan topik penelitian.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

Untuk tahap kedua dengan menggunakan metode evaluatif terhadap pengembangan suatu produk. Dalam hal ini dilakukan sebuah perancangan suatu produk yang disesuaikan dengan spesifikasi yang dibutuhkan oleh user serta spesifikasi yang sesuai dengan lingkungan sekitar. Setelah perancangan sudah sesuai, maka dilakukan implementasi dari hasil rancangan yang telah dibuat. Apabila hasil dari implementasi tidak sesuai, maka dilakukan sebuah revisi terhadap rancangan atau implementasi yang telah dibuat. Setelah melakukan implementasi, maka selanjutnya dilakukan suatu pengujian. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan sebuah data hasil penelitian.

B. Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini digunakan metode pengumpulan data berupa studi lapangan, yang dimana peneliti melakukan observasi terhadap alat yang sedang dijalankan. Observasi dilakukan untuk mengukur dan mencatat data-

data yang dibutuhkan agar selanjutnya dapat dianalisis untuk hasil dalam penelitian ini.

C. Metode Analisis

Pada metode analisis dalam penelitian ini digunakan metode kuantitatif yang berarti peneliti menggunakan grafik, table, dan angka yang telah didapatkan ataupun yang sudah ada. Berikut beberapa hal yang terkait untuk dianalisa, yaitu:

1. Kesesuaian program arduino pada arduino uno pada sistem kontrol Solar Power Tracker untuk penerangan jalan umum
2. Ketepatan instruksi sensor LDR pada arduino uno
3. Ketepatan Motor Driver pada sistem kontrol untuk aktuator linear
4. Ketepatan gerak aktuator linear sehingga panel surya menghadap matahari

D. Metode Pengukuran

1. Ketepatan instruksi sensor LDR pada arduino uno

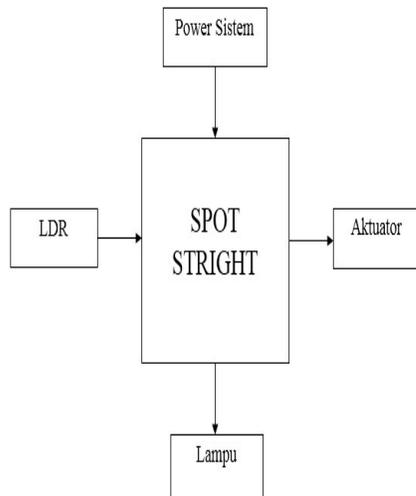
Pada pengukuran ini, media yang digunakan adalah serial monitor pada arduino uno. Pengukuran dilakukan dengan cara melihat nilai keluaran dari sensor LDR.

2. Ketepatan Motor Driver pada sistem kontrol untuk aktuator linear

Pada pengukuran ini, melihat langsung apabila jika LDR 1 memiliki keluaran lebih besar dari LDR 2 maka input 2 pada motor HIGH dan sebaliknya jika LDR 2 memiliki keluaran lebih besar dari LDR 2 maka input 1 pada motor HIGH.

E. Perancangan Sistem

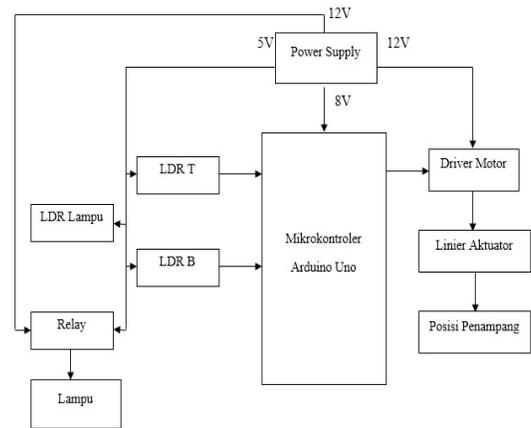
Pada bagian ini menjelaskan perancangan sistem dan cara kerjanya secara umum dari *hardware* maupun *software* yang digunakan. Berikut merupakan blok diagram sistem secara umum:



**Gambar 3.2** Blok diagram sistem

Blok diagram diatas terdapat beberapa bagian yang digunakan yaitu power sistem sebagai sumber tegangan dari sistem, sensor LDR sebagai input dari sistem yang bekerja sebagai pendeteksi cahaya, Aktuator sebagai output dari sistem yang bekerja sebagai penggerak panel surya dan lampu sebagai output utama sistem yang digunakan untuk penerangan jalan umum. Dan terdapat program sistem yang telah tertanam dalam SPOT STRIGHT yaitu menggunakan arduino IDE.

Perancangan *hardware* atau perancangan perangkat keras pada sistem ini memiliki beberapa bagian, salah satunya adalah Skema rangkaian sistem kontrol. Perancangan ini berguna untuk memenuhi spesifikasi sistem yang telah dirancang sebelumnya. Berikut adalah blok diagram keseluruhan sistem solar power tracker menggunakan arduino uno untuk penerangan jalan umum.



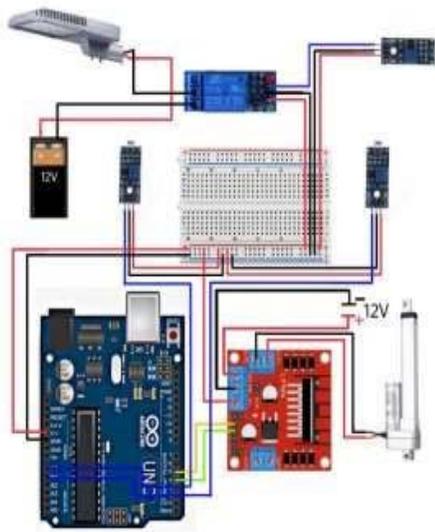
**Gambar 3.3** Blok diagram sistem perancangan hardware

Berikut ini penjelasan masing-masing blok diagram diatas:

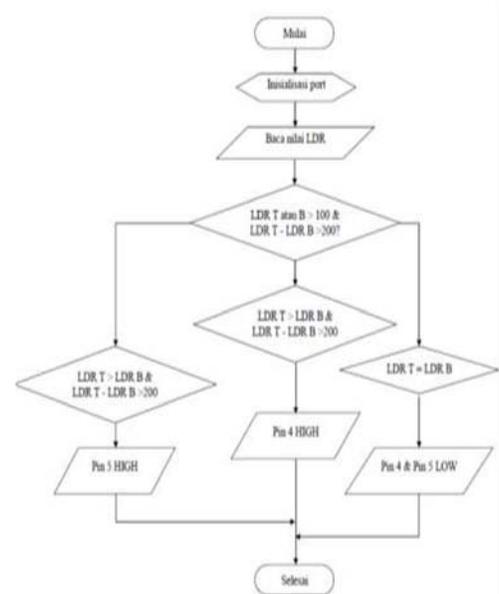
- a. Power supply digunakan untuk menyuplai daya untuk mikrokontroller arduino uno dengan tegangan 8V, driver motor dengan tegangan 12V, sensor LDR 5V, relay 5V dan lampu 12V.
- b. Sensor LDR T digunakan untuk mendeteksi cahaya yang datang dari arah Timur.
- c. Sensor LDR B digunakan untuk mendeteksi cahaya matahari yang datang dari arah Barat.
- d. Mikrokontroller Arduino digunakan untuk mengontrol pergerakan linear aktuator berdasarkan data yang diperoleh dari sensor LDR T dan dan LDR B.
- e. Linear Aktuator, digunakan untuk memposisikan permukaan modul panel surya agar tegak lurus dengan arah datangnya cahaya.
- f. Driver motor, digunakan untuk mengendalikan linear aktuator berdasarkan instruksi dari mikrokontroller.
- g. Posisi penampang merupakan posisi permukaan modul panel surya terhadap cahaya matahari.
- h. LDR lampu digunakan untuk mendeteksi cahaya sebagai input kontrol pada lampu.
- i. Relay digunakan untuk pemutus dan pemberi tegangan pada lampu.
- j. Lampu digunakan untuk penerangan jalan umum.

Skema rangkaian pada sistem kontrol ini berguna untuk mengontrol keseluruhan sistem secara otomatis. Pada skema rangkaian sistem kontrol ini terdapat komponen input berupa sensor LDR dan beberapa komponen output berupa motor driver, aktuator linier dan

lampu sebagai penerangan jalan umum. Berikut adalah skema rangkaian sistem kontrol:



**Gambar 3.4** Skema rangkaian Sistem Kontrol



**Gambar 3.5** Diagram alir sistem kontrol Solar Power Tracker

Pada flowchart diatas dapat dilihat bahwa saat alat mulai bekerja akan melakukan inisialisasi port yaitu input dan output dan selanjutnya sensor LDR akan mulai bekerja, jika nilai sensor LDR T lebih besar daripada sensor LDR B dan  $LDR T - LDR B > 200$  maka pin 4 akan aktif. Jika nilai sensor LDR B lebih besar daripada sensor LDR T dan  $LDR B - LDR T > 200$  maka pin 5 akan aktif. Dan actuator akan berhenti ketika sensor LDR T sama terang dengan sensor LDR B. Ketika panel surya tak lagi tegak lurus terhadap matahari maka sensor LDR akan kembali memberikan sinyal pada arduino dan arduino memberikan perintah kepada actuator.

III. TABEL 3.1 ALAMAT INPUT ARDUINO UNO

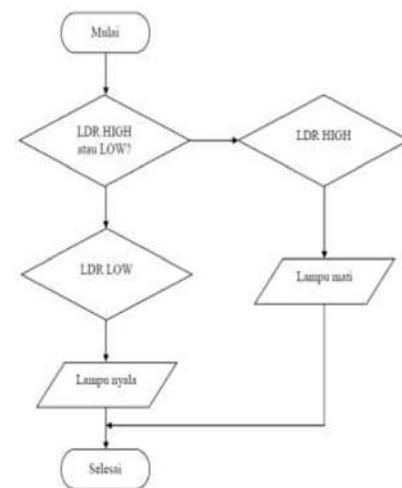
No	Nama	Alamat
1	LDR Timur	A0
2	LDR Barat	A1

IV. TABEL 3.2 ALAMAT OUTPUT ARDUINO UNO

No	Nama	Alamat
1	Motor Timur	4
2	Motor Barat	5

Perancangan *software* atau perancangan perangkat lunak adalah perancangan dengan bantuan perangkat lunak atau aplikasi yang berkaitan dengan penelitian ini. Perancangan perangkat lunak berupa desain algoritma ataupun program yang akan ditanam pada sistem. Pada perancangan ini sistem dirancang menggunakan aplikasi arduino IDE.

Perancangan ini berguna untuk mendukung perancangan *hardware* yang telah dirancang sebelumnya. Flowchart atau diagram alir keseluruhan sistem dapat dilihat pada **gambar 3.5**.



**Gambar 3.6** Diagram alir sistem kontrol Lampu Penerangan Jalan Umum

Pada gambar flowchart diatas dapat dijelaskan bahwa sensor LDR sebagai pendeteksi cahaya, maka jika sensor LDR LOW maka lampu akan menyala dan jika sensor LDR HIGH maka lampu mati.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Implementasi

Implementasi adalah suatu tahapan untuk menerapkan perancangan yang telah dibuat secara langsung pada alat. Implementasi bertujuan untuk mengetahui apakah perancangan program pada sistem dapat melakukan pengoperasian sistem tersebut.

Pada proses implementasi dibutuhkan perangkat pendukung yang memadai agar dapat membantu dalam melakukan proses implementasi. Berikut adalah perangkat lunak serta spesifikasi yang dibutuhkan pada proses implementasi *hardware* dan implementasi *software*:

No	Nama	Spesifikasi
1	CPU	Intel Celeron 2955U. 1.40GHz
2	RAM	2 GB
3	OS	Windows 7
4	Storage	500 GB HDD

Tabel 4.1 Spesifikasi PC/komputer yang digunakan proses implementasi

Tabel 4.2 Spesifikasi smartphone yang digunakan proses implementasi

No	Nama	Spesifikasi
1	CPU	Octa-core 6x1.8 GHz Cortex-A55
2	RAM	4 GB
3	OS	Android 10, MIUI 12
4	Storage	64 GB

Tabel 4.3 Software utama yang digunakan pada proses implementasi

No	Nama
1	Arduino IDE

Tabel 4.4 Software pendukung yang digunakan pada proses implementasi

No	Nama
----	------

1	Microsoft word 2013
2	Microsoft excel 2013

Pada bagian implementasi ini dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu implementasi hardware dan implementasi software.

3. Implementasi *Hardware*

Implementasi *hardware* atau implementasi perangkat keras adalah suatu proses penerapan seluruh komponen perangkat keras pada sistem kontrol solar power tracker menggunakan arduino uno untuk penerangan jalan umum.

Terdapat beberapa hal yang perlu dilakukan terkait proses implementasi *hardware*. Berikut adalah implementasi hardware yang dilakukan:

a. Wiring Electrical atas lampu

Bagian ini merupakan proses dari menghubungkan setiap komponen yang ada sesuai dengan perancangan skema rangkaian sebelumnya. Kabel yang digunakan untuk proses wiring adalah kabel dengan warna merah untuk tegangan positif (+), warna hitam untuk tegangan negatif (-), dan warna biru untuk input dan output dari mikrokontroler. Hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam proses wiring dan juga troubleshoot jika suatu saat terjadi permasalahan pada wiring sistem tersebut. Pemasangan setiap komponen perlu diperhatikan posisinya agar mempermudah proses pengkabelan antara komponen satu dengan komponen lainnya.

d. Implementasi Komponen Input

Implementasi komponen input adalah proses penerapan dan pemasangan komponen input pada sistem kontrol solar power tracker menggunakan arduino uno untuk penerangan jalan umum. Pemasangan komponen ini dimaksudkan agar sistem dapat berjalan dengan baik. Komponen yang digunakan sebagai input adalah sensor LDR. Terdapat dua sensor LDR yang digunakan, yang pertama adalah sensor LDR timur untuk mendeteksi cahaya matahari pada bagian timur dan yang kedua adalah sensor LDR barat untuk mendeteksi cahaya matahari pada bagian barat. Pemasangan sensor LDR diletakan pada dua ujung panel surya yaitu bagian timur dan barat, hal ini bertujuan agar mempermudah pendeteksian cahaya matahari pada sensor LDR

e. Implementasi Komponen Output

Implementasi komponen output adalah proses penerapan dan pemasangan komponen output pada sistem kontrol solar power tracker menggunakan arduino uno untuk penerangan jalan umum. Pemasangan komponen ini dimaksudkan agar sistem dapat melakukan pekerjaannya sesuai dengan perencanaan yang sudah dirancang.

B. Pengujian

Setelah proses implementasi selesai, selanjutnya dilakukan pengujian pada beberapa sistem yang telah dibuat. Pengujian dilakukan untuk menguji kemampuan serta fungsi pada sistem.

a. Pengujian Sensor LDR

Pengujian pada sistem ini bertujuan untuk menganalisa seberapa baik sistem dapat bekerja untuk mendeteksi cahaya matahari berdasarkan gerak arah matahari. Pengujian ini dilakukan dengan cara menghidupkan sistem kontrol arduino uno dan mengamati serial monitor pada software arduino IDE. Berikut adalah gambar program arduino dan tampilan serial monitor pada aplikasi Arduino IDE pada saat program arduino sedang dijalankan pada pengujian.

Pada saat program dijalankan dan membuka tampilan serial monitor. Pada tampilan serial monitor terdapat beberapa bagian, yaitu:

- 1) Pembacaan cahaya LDR 1 (timur)
- 2) Pembacaan cahaya LDR 2 (barat)

Semua proses tahapan diatas terjadi dengan otomatis, hal ini disebabkan oleh program yang telah dibuat. Pada saat sistem hidup, akan dilakukan pengujian kembali. Pengujian ini meliputi cahaya yang terdeteksi oleh sensor LDR untuk dapat mengirim data terhadap arduino uno dan dilanjutkan terhadap motor driver untuk mengontrol kerja dari aktuator linier. Berikut tabel hasil pengujian sistem pengiriman data sensor LDR

**Tabel 4.5** Pengujian nilai sensor LDR dalam mendeteksi cahaya matahari

No	Jam	LDR 1 (Timur)	LDR 2 (Barat)	Motor Driver (pin 4)	Motor Driver (pin 5)
1	08.00	1019	40	HIGH	LOW
2	09.00	1006	37	HIGH	LOW
3	10.26	1002	39	HIGH	LOW
4	11.00	1000	48	HIGH	LOW
5	12.00	40	39	LOW	LOW
6	13.00	1009	36	HIGH	LOW
7	14.00	1019	43	HIGH	LOW
8	15.00	1003	45	HIGH	LOW
9	16.00	1006	45	HIGH	LOW
10	17.00	1008	48	HIGH	LOW

Dari hasil yang didapatkan pada tabel diatas, dapat dilihat bahwa keluaran nilai dari sensor LDR berubah-ubah. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Pergerakan matahari dari timur kearah barat
- 2) Intensitas cahaya matahari yang berubah dari pagi – sore

b. Pengujian Motor Driver

Pengujian pada sistem ini bertujuan untuk menganalisa seberapa baik sistem dapat bekerja menerima perintah dari arduino uno. Pengujian ini dilakukan dengan cara menghidupkan sistem kontrol arduino uno.

Berikut tabel hasil pengujian posisi panel surya.

**VI. TABEL 4.6 POSISI PANEL SURYA**

No	Jam	Posisi Panel Surya
1	08.00	Menghadap Arah Timur (45°)
2	09.00	Menghadap Arah Timur (36°)
3	10.00	Menghadap Arah Timur (28°)
4	11.00	Menghadap Arah Timur (15°)
5	12.00	Menghadap Atas (0°)
6	13.00	Menghadap Arah Barat (14°)
7	14.00	Menghadap Arah Barat (27°)
8	15.00	Menghadap Arah Barat (34°)
9	16.00	Menghadap Arah Barat (40°)
10	17.00	Menghadap Arah Barat (45°)

Dari hasil yang didapatkan pada tabel diatas, dapat dilihat bahwa posisi matahari bergerak dari timur kearah barat. Hal ini dikarenakan pergantian waktu dari pagi – sore.

c. Pengujian LDR Pada Lampu

Pengujian pada sistem ini bertujuan untuk menganalisa seberapa baik sistem dapat bekerja agar lampu OFF ketika sensor LDR mendeteksi cahaya dan ON ketika sensor LDR tidak mendeteksi cahaya.

Pengujian ini dilakukan dengan cara menghidupkan sumber tegangan dan relay sebagai saklar pada lampu. Pada saat sistem hidup, akan dilakukan pengujian kembali. Pengujian ini meliputi keadaan lampu ON/OFF. Berikut tabel hasil pengujian keadaan lampu:

**Tabel 4.7** Keadaan Lampu

No	Sensor LDR	Lampu
1	HIGH	OFF
2	LOW	ON

Dari hasil yang didapatkan pada tabel diatas, dapat dilihat bahwa lampu akan OFF pada saat sensor LDR mendeteksi cahaya dan ON pada saat sensor LDR tidak mendeteksi cahaya. Hal ini dikarenakan perintah dari relay yang berfungsi sebagai pemutus dan pemberi tegangan atau saklar pada lampu.

C. Validasi

Validasi bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem yang telah dirancang sebelumnya. Hasil dari uji validasi dapat dilihat pada **tabel 4.8**.

**Tabel 4.8** Validasi sistem

No	Sistem yang diuji	Hasil yang diharapkan	Hasil yang didapat	Status
1	Validasi sistem kerja sensor LDR Timur	Sensor dapat mendeteksi sinar matahari dari arah timur	Sensor mampu mendeteksi keberadaan arah datangnya sinar matahari dari timur secara baik	Berhasil
2	Validasi sistem kerja sensor LDR Barat	Sensor dapat mendeteksi sinar matahari dari arah barat	Sensor mampu mendeteksi keberadaan arah datangnya sinar matahari dari barat secara baik	Berhasil
3	Validasi sistem kerja Motor Driver	Motor Driver dapat mengendalikan aktuator linier sehingga	Motor driver mampu mengendalikan aktuator	Berhasil

		panel surya dengan keadaan tegak lurus menghadap matahari	linier dengan baik	
4	Validasi sistem kerja sensor LDR pada lampu	Sensor dapat memberi masukan terhadap relay sebagai saklar lampu	Sensor dapat memberi masukan kepada relay dengan baik	Berhasil

REFERENSI

- [1] D. E. Myori, R. Mukhaiyar, and E. Fitri, "Sistem Tracking Cahaya Matahari pada Photovoltaic," *INVOTEK J. Inov. Vokasional dan Teknol.*, vol. 19, no. 1, pp. 9–16, 2019, doi: 10.24036/invotek.v19i1.548.
- [2] S. S. Yatmani, "Sistem kendali Solar Tracker Untuk Meningkatkan efisiensi Daya," *J. Tek. Mesin ITI*, vol. 4, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.31543/jtm.v4i1.354.
- [3] A. Joewono, R. Sitepu, and P. R. Angka, "Rancang Bangun Sistem Lampu Penerangan Jalan Umum Terintegrasi Dengan Battery Lithium," *J. Elektro*, vol. 12, pp. 33–42, 2019.
- [4] R. Fernandes and M. Yuhendri, "Implementasi Solar Tracker Tanpa Sensor pada Panel Surya," vol. 06, no. 02, pp. 337–343, 2020.
- [5] I. Mardjun *et al.*, "Rancang Bangun Solar Tracking Berbasis Arduino Uno," vol. 1, no. 2, pp. 19–24, 2018.
- [6] K. W. Fauzi, T. Arfianto, and N. Taryana, "Perancangan dan Realisasi Solar Tracking System Untuk Peningkatan Efisiensi Panel Surya Menggunakan Arduino Uno," *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 4, no. 1, pp. 63–74, 2018, doi: 10.15575/telka.v4n1.63-74.
- [7] M. Fezari and A. Al Dahoud, "Integrated Development Environment 'IDE' For Arduino Integrated Development Environment 'IDE' For Arduino Introduction to Arduino IDE," no. October, 2018, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/328615543>.
- [8] D. Menggunakan, L. Kabur, and F. Logic, "MEKANIKA 83 Volume 10 Nomor 2 , Maret 2012 Keywords : Abstract : MEKANIKA 84 Volume 10 Nomor 2 ,
- [9] B. A. B. Ii, "Bab ii dasar teori 2.1.," pp. 5–18.
- [10] G. B. Ardina, "RANCANG BANGUN DUAL AXIS SOLAR TRACKER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO ,," pp. 1–11, 2019.
- [11] M. Otong, "Perancangan Modular Baterai Lithium Ion (Li-Ion) untuk Beban Lampu LED," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasikomputer*, vol. 8, no. 2, p. 260, 2019, doi: 10.36055/setrum.v8i2.6808.

- [12] B. H. Purwoto, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 01, pp. 10–14, 2018, doi: 10.23917/emit.v18i01.6251.
- [13] M. Rifan, S. H. Pramono, M. Shidiq, R. Yuwono, H. Suyono, and F. Suhartati, "Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari Di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya," *J. EECCIS*, vol. 6, no. 1, pp. 44–48, 2012.
- [14] Sidik Susilo, Muhammad Nizam, Eko Prasetya Budiana "Perancangan *Solar Tracker* Sebagai Peningkatan Efisiensi Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya Dengan Menggunakan Logika Kabur (*Fuzzy Logic*)," *MEKANIKA* Volume 10 Nomor 2, Maret 2012.
- [15] Achmad Ulul Azmy, Sumardi, and Munawar Agus Riyadi " Sistem Tracking Panel Surya Untuk Pengoptimalan Daya Menggunakan Metode Kontrol SelfTuning Pid Dengan Jst Jenis Perceptron," *TRANSMISI*, 17, (1), 2015, e-ISSN 2407–