

Prototype Solar Tracking dengan Metode Pid Untuk Supply Penerangan Jalan Umum Otomatis

R. Akbar Nur Apriyanto¹, Putu Sriwahyuningsih^{2*}), Adam Nopansyah³, Dimas Jauza Nirwana⁴, Fatmawati Tia Pratama Putri⁵, Mohammad Arief Rachman⁶, Nisa Ayu Maslikah⁷, Serly Oktaviani⁸, Mahardhika Hendra Ahmad Ramdhan⁹

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9}Jurusan Teknik, Program Studi Perkeretaapian, Politeknik Negeri Madiun
^{1,2,3,4,5,6,7,8,9}Jl. Ring Road Barat, Winongo, Kota Madiun, Jawa Timur 63162, Indonesia
email: akbar@pnm.ac.id

Abstract — Basically, public street lighting using solar panels is needed for the safety of road users, especially in areas where there is no electricity. In meeting the needs of lighting, there are many problems, for example, the absorption of electrical energy in solar panels that only face one direction is less than optimal so that lighting cannot work properly. Therefore, this research was conducted to develop solar power tracker technology and use the PID method so that solar panels move following the sun and the reception of sunlight on solar panels is more efficient and maximized. So that Public Street Lighting (PJU) can also be maximized by using the absorption energy from the Solar Tracker. In this study also discusses how the solar tracker can work as a whole by receiving incoming sunlight, will be received by solar panels and stored in batteries which will be used for PJU and solar tracker sources. The results of the PID value also greatly affect the serial plotter value related to stability and the value of this parameter has met the stable criteria for the solar tracking position system. And Solar Tracker can be well integrated with public street lighting.

Keywords — solar tracker, public street lighting, Arduino UNO, LDR Sensor

Abstrak — Pada dasarnya 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 serta menggunakan metode PID agar panel surya bergerak mengikuti matahari dan penerimaan cahaya matahari pada panel surya lebih efisien dan maksimal. Sehingga Penerangan Jalan Umum (PJU) dapat dimaksimalkan juga penggunaannya dengan menggunakan energi serapan dari Solar Tracker. Pada penelitian ini juga membahas bagaimana solar tracker dapat bekerja secara keseluruhan dengan menerima cahaya matahari yang masuk, akan diterima oleh panel surya dan disimpan pada baterai yang nantinya digunakan untuk sumber PJU dan solar tracker. Hasil dari nilai PID juga sangat berpengaruh pada nilai serial plotter terkait kestabilan serta nilai parameter ini sudah memenuhi kriteria stabil untuk sistem posisi solar tracking. Serta Solar Tracker dapat terintegrasi baik dengan penerangan jalan umum.

Kata Kunci — solar tracker, penerangan jalan umum, Arduino UNO, Sensor LDR

I. PENDAHULUAN

Ketersediaan energi listrik merupakan kebutuhan dasar masyarakat dalam menjalankan aktivitas sehari-hari. Namun, hingga akhir tahun 2024, berdasarkan data dari PT PLN (Persero) masih terdapat 107 desa di Indonesia yang

masih belum teraliri listrik. Kondisi ini menunjukkan bahwasanya masih diperlukannya solusi alternatif yang dapat menjangkau daerah-daerah terpencil. Salah satu solusi potensial adalah pemanfaatan energi terbarukan, khususnya energi surya yang mana dimanfaatkan melalui instalasi panel surya. Dalam pengaplikasiannya, panel surya tidak hanya digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, tetapi juga perlunya untuk penerangan jalan yang mendukung keamanan dan kenyamanan pengguna jalan terutama di jalan umum disaat malam hari. Maka dari itu perlunya Penerangan Jalan Umum (PJU). PJU menggunakan panel surya sangat diperlukan untuk keamanan pemakai jalan apalagi di daerah yang belum terdapat aliran listrik. Penggunaan solar tracker rata-rata menggunakan penampang modul panel surya yang mana dipasang menghadap satu arah tertentu atau tetap. Padahal adanya gerak semu harian matahari menyebabkan matahari mengalami perubahan posisi setiap harinya. Matahari terlihat terbit dari Timur dan tenggelam di Barat, pastinya membuat modul panel surya tidak selalu mendapatkan intensitas cahaya yang maksimal sehingga listrik yang dihasilkan juga kurang optimal.

Jadi, untuk mendapatkan energi maksimum dari matahari, posisi sinar matahari selalu berada di sudut 90° 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°. Dengan sistem tersebut memastikan penangkapan energi maksimum atau memastikan pengiriman daya maksimum.

Dalam penggunaan solar tracker maka dibutuhkan metode yang mengatur posisi sudut azimuth dan meningkatkan keluaran daya sel surya. Salah satu metode yang bisa digunakan adalah menggunakan metode PID (Proportional, Integral, and Derivative). Nantinya PID dapat membantu menghindari terjebak pada puncak daya yang lebih tinggi sehingga nantinya tidak merusak komponen dan lebih optimal dalam mendapatkan puncak daya-tegangan optimum.

Penelitian ini membuat Sistem Kontrol Solar Power Tracker dengan berbasis PID. 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.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *solar tracking* berbasis metode PID guna memaksimalkan penyerapan energi matahari oleh panel surya. Energi yang dihasilkan dari sistem ini diharapkan dapat digunakan secara efisien untuk menghidupkan sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) secara otomatis, khususnya di daerah yang belum teraliri listrik PLN.

***) penulis korespondensi:** Putu Sriwahyuningsih
Email: putusriwahyu17@gmail.com

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

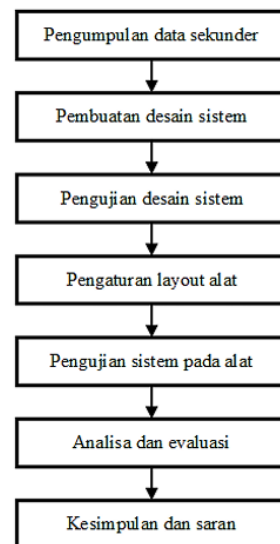
Penelitian yang dilakukan oleh (Sulaeman et al., 2021) dengan judul “Sistem Kontrol pada Solar Power Tracker Menggunakan Arduino Uno untuk Sistem Penerangan” membahas mengenai mengembangkan teknologi solar power tracker agar panel surya bergerak mengikuti matahari dan penerimaan cahaya matahari pada 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. Dari penelitian tersebut penulis mengambil penggunaan Arduino dalam pengaplikasian Solar Tracker dalam pengimplementasian komponen serta validasi data terhadap alat.

Penelitian yang dilakukan oleh (Supriyanto et al., 2022) dengan judul “Implementasi Kontroler PID dengan Metode Tuning Ziegler-Nichols dan Cohen-Coon pada Sistem Scada Kendali Level Air” yang membahas mengenai pengaplikasian metode PID dengan 2 metode yaitu Tuning Ziegler-Nichols dan Cohen-Coon yang mana digunakannya sebagai parameter keberhasilan dalam sistem scada kendali level air. Dari penelitian tersebut penulis mengambil penggunaan metode PID Ziegler-Nichols terkait nilai parameter kendali proporsional yang mana sebagai parameter keberhasilan dalam menggunakan metode tersebut.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan oleh penulis merupakan penelitian dengan jenis metode *Research and Development* (RnD) yakni pengembangan penelitian yang telah dilakukan penulis sebelumnya dengan menambahkan jenis objek yang dapat dideteksi dan mengubah sistem dari penelitian sebelumnya sehingga penulis membuat Solar Tracking dengan Metode Pid Untuk Supply Penerangan Jalan Umum Otomatis. Dalam penelitian ini, penulis membuat sebuah sistem solar tracker yang diaplikasikan dengan parameter keberhasilan menggunakan metode PID untuk PJU otomatis.

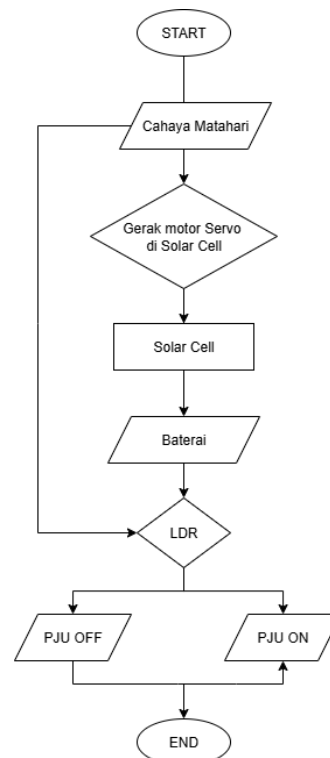
Dalam penelitian ini diperlukan beberapa tahap penelitian sehingga diharapkan hasil dari penelitian dapat mencapai hasil yang optimal dengan tahapan-tahapan yang dapat dilihat pada gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

Dalam perancangan sistem pada alat ini terdiri dari dua sistem perancangan yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*).

A. Diagram Blok Sistem



Gambar 3.2 Blok Diagram

Gambar 3.2 merupakan diagram blok sistem pada perancangan solar tracking sebagai supply penerangan jalan umum otomatis yang dimana berikut penjelasan mengenai diagram blok diatas:

1. Sumber energi utama dalam sistem ini adalah cahaya matahari. Yang dimana cahaya ini akan terdeteksi membuat motor servo bergerak untuk mengarahkan solar cell agar selalu tegak lurus ke arah datangnya sinar matahari.
2. Solar cell ini berfungsi untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Hasil konversi dari solar cell tersebut akan disimpan ke baterai.
3. Baterai disini adalah sebagai pemberi suplai dan penerima suplai. Yang dimaksud pemberi suplai adalah baterai mentransfer energinya ke Penerangan Jalan Umum (PJU)

secara otomatis yang didasari oleh deteksi LDR terhadap intensitas cahaya lingkungan. Dan baterai mendapatkan suplai dari solar cell yang dimana solar cell menyimpan energi matahari dari dihasilkannya memaksimalkan penerimaan cahaya oleh solar tracker dan nantinya energi tersebut disuplai melalui baterai.

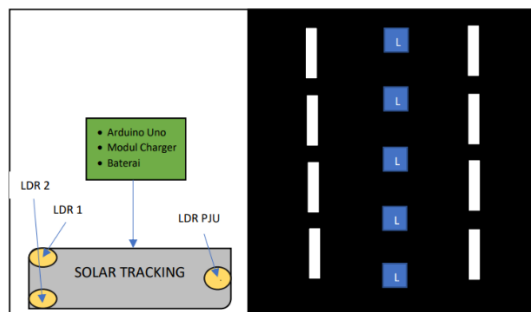
4. Sensor LDR disini memiliki 2 peran yaitu pada solar tracker sebagai pendeteksi posisi solar tracking yang bekerja dengan cara mendeteksi sudut datang cahaya matahari. Sedangkan pada penerangan jalan otomatis sebagai pendeteksi cahaya jika ada cahaya matahari maka penerangan jalan mati begitupun sebaliknya.
5. Mikrokontroler menggunakan Arduino Uno untuk mengontrol sistem secara menyeluruh.
6. Sensor tegangan digunakan untuk membaca nilai tegangan dari solar cell.

B. Prinsip Kerja Sistem

Prinsip kerja dari solar tracking ini bekerja berdasarkan sistem kendali tertutup atau *close loop* dengan membandingkan tegangan keluaran dari dua buah sensor LDR. Sensor LDR berfungsi untuk mendeteksi posisi solar panel, dengan cara mendeteksi arah datangnya cahaya matahari. Posisi solar panel dikatakan tepat apabila sudut datang cahaya matahari terhadap garis normal tegak lurus membentuk sudut 0° . Pada keadaan ini semua sensor LDR memiliki intensitas cahaya yang sama dan nilai tegangan output dari sensor LDR juga sama. Namun apabila cahaya matahari tidak tegak lurus terhadap sensor LDR, maka akan menimbulkan bayangan dari dinding pemisah. Bayangan tersebut akan menutupi sensor LDR yang berlawanan arah datangnya cahaya matahari sehingga menimbulkan perbedaan nilai output sensor LDR. Perbedaan nilai LDR ini digunakan oleh mikrokontroler untuk merubah posisi solar panel tegak lurus mengikuti arah datangnya cahaya matahari dengan algoritma PID yang membuat pergerakan lebih stabil.

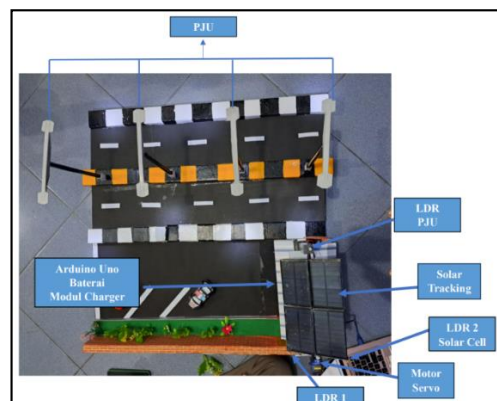
Sedangkan Penerangan Jalan Umum ini bekerja secara otomatis yang dimana pada lampu penerangan diberi sebuah LDR untuk mendeteksi bahwasanya ketika ada cahaya matahari maka lampu penerangan akan mati sedangkan ketika tidak ada cahaya matahari maka lampu penerangan akan hidup secara otomatis.

C. Perancangan Desain



Gambar 3.3 Desain Tata Letak

Perancangan desain adalah dasar pembuatan prototype dimana berperan penting dalam tata letak dari solar tracking serta PJU itu sendiri. Yang dimana pada sisi kiri nantinya di desain untuk pembuatan solar tracking dengan komponen dibawahnya terdiri dari Arduino Uno, Modul Charger, dan Baterai. Konsep dari prototype ini adalah rest area parkir mobil. Dan juga di samping kanan terdapat 4 lampu penerangan pada jalan raya.



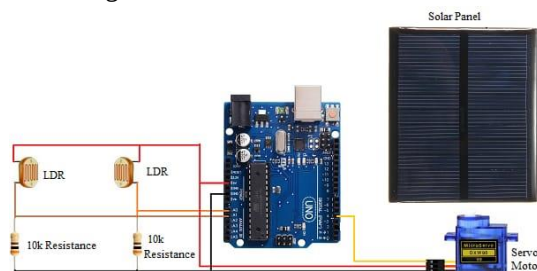
Gambar 3.4 Rangkaian Desain Jadi

Gambar 3.4 adalah rangkaian desain jadi yang sesuai dengan perancangan desain pada gambar 2. Yang dimana pada desain jadi ini sesuai dengan konsep awal terkait model rest area parkir mobil dan jalan umum. Dan terdiri dari Arduino Uno, Baterai, Modul Charger, LDR Penerangan Jalan Umum, LDR 1 Solar Cell, LDR 2 Solar Cell, Motor Servo, Solar Tracking, serta Penerangan Jalan Umum yang terdiri dari 4 lampu.

D. Perancangan Elektronik

Rancangan elektronik pada sistem ini terdiri dari 2 perancangan yaitu dari perancangan solar tracker dan perancangan penerangan jalan umum yang dimana pada 2 sistem tersebut terhubung dengan Modul Baterai Charging. Secara keseluruhan, rangkaian pada sistem *prototype* ini ditunjukkan pada Gambar 3.5 dan 3.6 berikut.

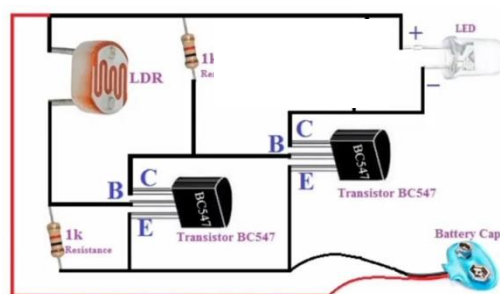
D.1 Perancangan Solar Tracker



Gambar 3.5 Rangkaian Solar Tracking

Komponen yang terdapat diatas adalah Servo motor, Arduino Uno, LDR, Resistor 10K, dan Solar Cell. Pada servo motor terdapat 3 pin yang digunakan, GND ke GND Arduino Uno serta dijumper ke resistor 10K. Selanjutnya VCC ke 5V serta juga dijumper ke sensor LDR. Serta sensor LDR dan resistor saling terhubung. Sedangkan Control ke pin 10. Serta sensor LDR 1 terhubung ke A0 dan LDR 2 terhubung ke A5.

D.2 Perancangan Jalan Umum



Gambar 3.6. Rangkaian PJU

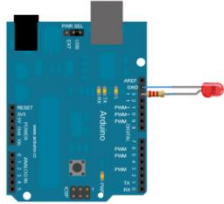
Komponen yang terdapat diatas adalah Sensor LDR, Resistor 1K, Transistor BC547, LED, serta Battery Cap. Yang dimana pada rangkaian ini dimulai dari pada Transistor 1 Emitter terhubung dengan resistor dan Battery cap, Pada base

terhubung dengan LDR dan Resistor. Dan pada Collector terhubung dengan Base Transistor 2. Pada Transistor 2 bagian Emitter juga terhubung secara langsung pada battery cap. Sedangkan pada bagian Collector terhubung pada nilai negatif LED. Nilai positif LED terhubung dengan 1K resistor dan LDR.

IV.HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Controller

Controller yang digunakan pada perancangan ini adalah Arduino Uno R3. Arduino uno digunakan untuk mengontrol semua aktivitas dalam sistem yang di desain. Baik Pembacaan sensor, Input output, dan mengendalikan servo.

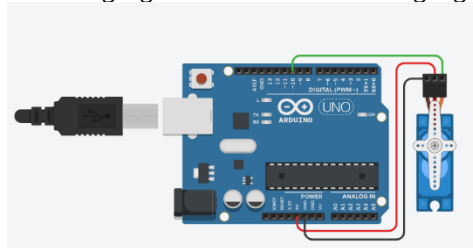


Gambar 4.1 Rangkaian Pengujian Arduino

Pada pengujian controller ini dihasilkannya bahwa Arduino dapat berjalan dengan baik. Dengan dihasilkannya lampu LED dapat menyala sebagai parameter indikator bahwasannya Arduino dapat digunakan sebagai mikrokontroler.

B. Pengujian Aktuator

Motor servo sg90 merupakan aktuator yang akan digunakan sebagai umpan balik ke sensor karena sensor diletakkan di sisi atas dari tempat sel surya, sedangkan sel surya tersebut diletakkan pada bagian torsi motor. Kabel yang terpasang ialah kuning sebagai input PWM, kabel merah sebagai sumber tegangan dan kabel coklat sebagai ground.



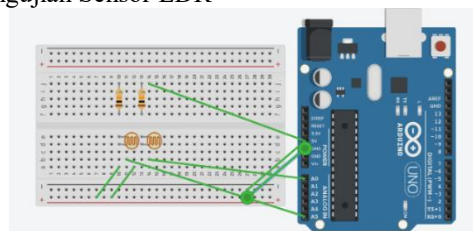
Gambar 4.2 Rangkaian Pengujian Motor Servo

Pengujian dilakukan dengan memprogram servo pada posisi 0°, 45° dan 90° lalu dibandingkan hasil pergerakan servo dengan alat ukur yaitu busur derajat, sehingga didapat data sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil pengukuran sudut pada servo

Program Sudut	Pengukuran Sudut
45°	43°
90°	85°

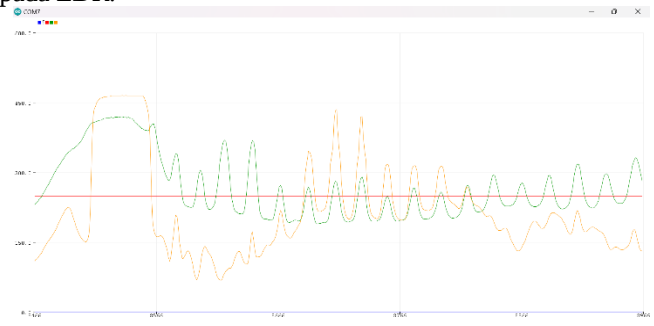
C. Pengujian Sensor LDR



Gambar 4.3 Rangkaian Pengujian Sensor LDR

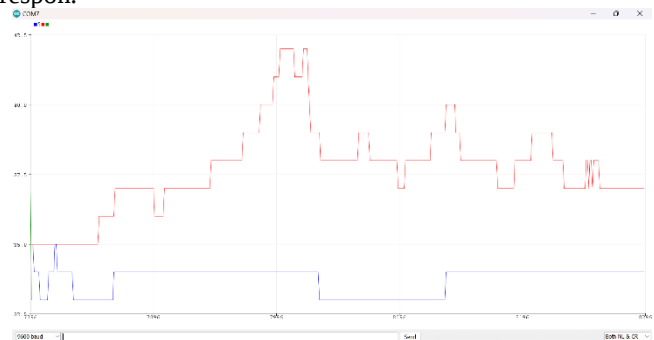
Pengujian yang dilakukan sensor LDR ini adalah dengan membuat rangkaian seperti gambar di atas, dengan 2 buah sensor LDR dan 2 buah resistor 10kΩ.

Pengujian dilakukan dengan mengukur nilai intensitas yang diterima oleh tiap LDR. Pengukuran ini dapat dilakukan dengan menutup LDR atau memberikan cahaya pada LDR.



Gambar 4.4. Respon Tiap LDR

Pada Gambar 4.4, grafik respon tiap LDR pada Garis-garis tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut. Garis hijau menjelaskan LDR 1, garis kuning menjelaskan LDR 2, Untuk garis merah dan biru menjelaskan batas titik LDR 1 dan 2. Karena terdapat noise pada pembacaan LDR maka perlu difilter atau dikalibrasi kembali sehingga tidak ada noise pada respon.



Gambar 4.5 Respon Tiap LDR Setelah Difilter

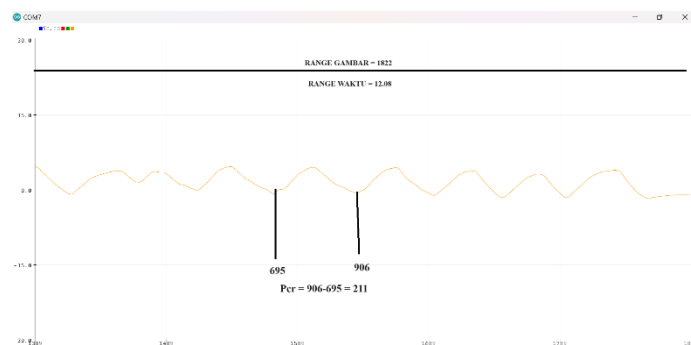
Pada Gambar 4.5, grafik respon tiap LDR pada Garis-garis tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut. Garis merah menjelaskan LDR 1, garis biru menjelaskan LDR 2. Dari hasil tersebut LDR dapat merespon perubahan cahaya dengan baik dan noise pada respon sebelum difilter menjadi tidak ada. Ada perbedaan pada gambar 4.4 dan gambar 4.5 terkait warna garis yang berbeda yang menandai LDR. Disebabkan ketidakakuratan serta perlu dikalibrasi agar tidak ada munculnya garis yang menjadi titik batas LDR 1 dan LDR 2.

D. Perancangan Kendali PID

i. Pemilihan Metode

Desain sistem kendali kali ini menggunakan metode Ziegler-Nichols tipe 2 untuk mencari nilai dari Kp, Ti dan Td. Untuk melakukan pemodelan Ziegler-Nichols tipe 2 dibutuhkan pengaturan Kp untuk membuat osilasi sempurna pada output respon sistem. Osilasi sempurna pada hasil respon sistem akan digunakan untuk mencari nilai dari Kcr dan Pcr. Setelah respon sistem pada plotter menghasilkan nilai yang berosilasi dengan nilai yang konstan, maka dihitung waktu dari puncak-puncak pada hasil responnya. Perlu juga dilakukan perhitungan waktu sebenarnya menggunakan stopwatch karena waktu pada plotter arduino berbeda dengan waktu sebenarnya.

Berikut adalah respon yang didapat dengan menggunakan metode ZN2.



Gambar 4.6 Respon Servo Metode ZN2

Pada garis kuning tersebut adalah respon servo yang dimana dihasilkan nilai Pcr sebesar 211 dan perhitungan Range gambar dihasilkan dari penggunaan Paint App yang ditarik garis dari titik awal sampai ke titik akhir sebesar 1822, serta Range waktu dihasilkan dari rentang waktu yang dibutuhkan hingga rentang nilai yang dihasilkan ini dengan membutuhkan waktu 12.08 detik.

ii. Parameter PID

Ketika merancang kendali menggunakan metode Ziegler Nichols 2, parameter PID dicari menggunakan perhitungan seperti tabel dibawah.

Tabel 2. Rumus Perhitungan Parameter PID

Kp	Ti	Ki	Td	Kd
$0.6 Kcr$	$0.5 Pcr$	$\frac{Kp}{Ti}$	$0.125Pcr$	$Kp * Td$

$$\frac{Pcr \text{ sinyal asli}}{\text{Range sinyal asli}} = \frac{Pcr \text{ gambar}}{\text{Range gambar}}$$

$$Pcr \text{ sinyal asli} = \frac{Pcr \text{ gambar}}{\text{Range gambar}} \times \text{Range sinyal asli}$$

$$Pcr \text{ sinyal asli} = \frac{211}{1822} \times 12.08$$

$$Pcr \text{ sinyal asli} = 1,39$$

$$Kcr = 4$$

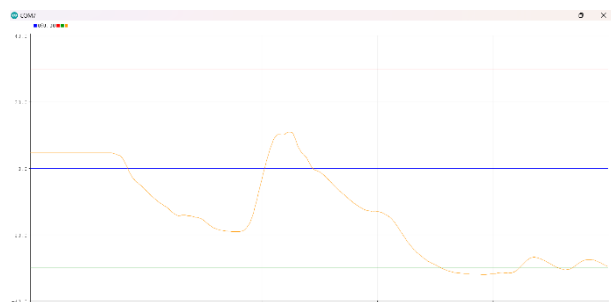
$$Pcr = 1,39$$

Untuk menentukan parameter PID dilakukan perhitungan seperti yang ditunjukkan pada tabel.

$$\begin{aligned} Kp &= 0.6(Kcr) \\ &= 0.6(4) = 2.4 \\ Ti &= 0.5 (1.39) \\ &= 0.695 \\ Td &= 0.125(1.39) \\ &= 0.173 \end{aligned}$$

iii. Hasil Perancangan

Dengan parameter PID yang didapat dilakukan realisasi pada plant yang dibuat sehingga menghasilkan respon sebagai berikut :



Gambar 4.7 Respon Servo dengan Parameter Hasil Perancangan

Dari hasil gambar respon di atas dapat dilihat bahwa hasil desain masih belum mencapai hasil yang di inginkan. Gerak motor masih belum mengikuti arah cahaya dengan benar, dan beresilasi, masih harus di tuning sampai

menemukan parameter yang tepat agar hasil respon mencapai spesifikasi yang sesuai.

E. Hasil Pengujian

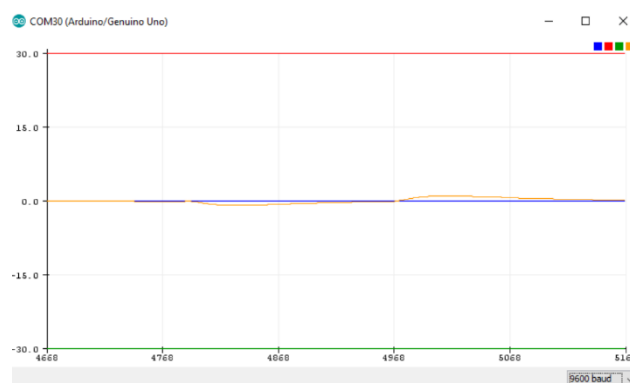
i. Hasil Tuning

Tabel 3. Parameter Kendali Tuning Akhir

Kp	Ti	Td
3.5	2.1	0.9



Gambar 4.8 Respon Tuning Parameter Diam



Gambar 4.9 Respon Tuning Parameter Bergerak

Pada gambar 4.8 dan gambar 4.9 terdapat garis warna biru yang mewakili nilai LDR 1 dan garis warna kuning menandakan nilai LDR 2. Serta warna hijau dan merah adalah titik batas antara nilai LDR 1 dan nilai LDR 2. Dari respon tuning parameter diam dan bergerak dapat dikatakan stabil. Yang dimana respon system sudah sesuai dengan yang di inginkan. Nilai PV sebagai selisih pembacaan kedua LDR sudah bernilai nol yang berarti pembacaan LDR1 dan LDR2 bernilai sama. Gerakan motor servo juga sudah baik menggerakkan papan untuk mengikuti arah Cahaya.

ii. Uji Gangguan



Gambar 4.10 Respon Uji Gangguan Tuning Parameter Diam



Gambar 4.11 Respon Uji Gangguan Tuning Parameter Bergerak

Pada gambar 4.10 dan gambar 4.11 terdapat garis warna biru yang mewakili nilai LDR 1 dan garis warna kuning menandakan nilai LDR 2. Serta warna hijau dan merah adalah titik batas antara nilai LDR 1 dan nilai LDR 2. Dari respon tuning parameter jika diberi gangguan berupa Cahaya led berwarna dengan parameter diam dan bergerak dapat dikatakan dapat bergerak sesuai respon sistem jika diberi sebuah gangguan dan respon dapat bergerak sesuai arah gangguan itu sendiri. Respon tersebut menunjukkan bahwa kerja system

No	Waktu (WIB)	Intensitas Cahaya (Lux)	Tegangan Panel Statis (V)	Tegangan Solar Tracking (V)	Efisiensi Kenaikan (%)
1.	07.00	5.000	5.21	5.47	4.99
2.	12.00	50.000	5.35	5.62	5.04
3.	17.00	10.000	4.70	5.00	6.38
4.	19.00	0	0	0	0

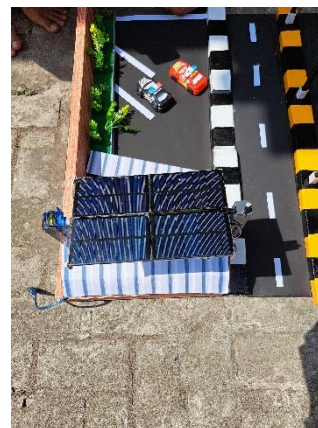
sudah sangat baik. Saat arah datang cahaya dipindah, terlihat bahwa nilai PV menjauh dari nol tetapi setelahnya respon langsung menuju nol kembali dikarenakan parameter tuning yang sudah sesuai sehingga kerja system juga baik sehingga Prototype Solar Tracker Single Axis ini dapat bergerak mengikuti arah cahaya dengan maksimal.

F. Pengujian Kondisi Tracking

i. Pengujian solar Tracking



Gambar 4.12 Pengujian Tegangan



Gambar 4.13 Pengujian Solar Tracker pada Siang hari Pukul 12.00 WIB



Gambar 4.14 Pengujian Solar Tracker dan PJU pada Malam hari Pukul 19.00
ii. Data Pengujian

Untuk mengetahui performa sistem solar tracker yang dirancang, dilakukannya pengujian dalam dua kondisi, yaitu kondisi panel statis dan solar tracking berjalan yang berdasarkan nilai tegangan dan efisiensi kenaikan. Dengan adanya data ini diharapkan dapat terlihat seberapa besar efisiensi peningkatan tegangan yang dapat dicapai ketika panel bergerak mengikuti arah datangnya sinar matahari. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada data berikut.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian

Dapat dilihat bahwasanya, kami mengambil data dari beberapa waktu dari pagi hingga malam dengan satu sampel jam dan intensitas cahaya, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Tegangan panel dengan solar tracking selalu lebih tinggi dibanding panel statis pada setiap waktu pengukuran.
2. Peningkatan efisiensi tegangan berkisar antara 4.99% sampai 6.38%, sehingga menunjukkan adanya penyerapan energi yang lebih optimal dengan menggunakan *solar tracker*.
3. Nilai tegangan tertinggi dihasilkan pada pukul 12.00 saat intensitas cahaya maksimum (50.000 Lux).
4. Hasil pada pengujian diatas membuktikan bahwasannya *solar tracker* meningkatkan output energi dibandingkan panel statis.

Selanjutnya pada Pengujian kedua adalah menentukan kondisi tracking atau pergerakan panel surya untuk mengikuti arah matahari. Arah pergerakan tracking dilihat dari sudut kemiringan timur-barat. Data pengujian sistem dapat terlihat pada tabel 3. Data analog berupa nilai ADC dari LDR 1 (Timur) dan LDR 2 (Barat) yang Dimana data sensor ini bersifat linier dengan sudut kemiringan Timur ke Barat. Perubahan sudut kemiringan ini menunjukkan pergerakan panel surya mengikuti sinar matahari.

Tabel 5. Data Hasil Pengujian

No	Waktu (WIB)	Analog		Sudut Kemiringan (°)	Lampu PJU
		LDR 1	LDR 2		
1.	07.00	64	76	14	Mati
2.	12.00	49	60	140	Mati
3.	17.00	731	840	45	Hidup
4.	19.00	556	221	141	Hidup

Dapat dilihat bahwasanya kami mengambil data dari waktu pagi, siang, sore, dan malam yang diwakili masing-masing jam. Yang dimana diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Nilai tegangan pada waktu pagi dan siang saja, sedangkan pada waktu sore dan malam tidak ada muncul nilai tegangan pada sensor tegangan dikarenakan sensor tegangan dapat muncul jika ada sinar matahari saja.
2. Nilai LDR 1 dan LDR 2 dihasilkan dari pembacaan serial monitor.
3. Sudut kemiringan sangat dipengaruhi dari motor servo yang dimana pastinya jika nilai tidak stabil maka sudut kemiringan juga menghasilkan tidak kestabilan sudut.
4. Lampu penerangan jalan umum sangat bergantung pada sinar cahaya yang dipantau melalui sensor LDR, dimana pada saat pagi dan siang saat sensor LDR mengeluarkan bilangan biner 49 sampai 76 tidak menyala, sedangkan saat sore dan malam saat sensor LDR mengeluarkan bilangan biner 221 sampai 840 lampu PJU akan menyala.

V.KESIMPULAN

Dari hasil pengujian keseluruhan sistem tracking berbasis PID dan monitoring tegangan solar panel maka dapat diberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada sistem solar panel tracking terjadi pergerakan pada solar panel pada pukul 07.00 sampai menjadi 14° pada pukul 19.00 pada axis barat-timur dan terjadi perubahan. Hal ini membuktikan bahwa alat sistem solar tracking dapat mengikuti arah datangnya cahaya matahari secara tegak lurus dan tegangan dapat muncul ketika ada cahaya matahari.
2. Pengujian tuning PID pada sistem kontrol posisi untuk menentukan parameter nilai Kp, Ki dan Kd menggunakan

metode trial and error mendapat hasil terbaik pada percobaan terakhir dengan nilai parameter Kp 3.5, Ki 2.1 dan Kd 0.9. Sistem bergerak stabil dengan penyimpangan kecil sampai detik ke 155 dan stabil pada set point 0 pada detik ke 156 hingga ke 200. Nilai parameter ini sudah memenuhi kriteria stabil untuk sistem posisi solar tracking ini karena sistem ini tidak memerlukan kecepatan yang sangat tinggi dalam memposisikan solar panel terhadap arah datangnya cahaya matahari. Dengan nilai parameter ini sistem dapat mengubah posisi solar panel mengikuti arah datangnya cahaya matahari secara stabil.

3. Solar Tracking dan Penerangan jalan umum dapat terintegrasi dengan baik. Yang Dimana solar tracking sebagai pemberi suplai dapat menyimpan energi matahari dari dihasilkannya memaksimalkan penerimaan cahaya oleh solar tracker dan nantinya energi tersebut disuplai melalui baterai yang digunakan sebagai pemberi energi untuk penerangan jalan umum

DAFTAR PUSTAKA

- [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] Mairizwan and Hendro, "Perancangan-dan Pembuatan Prototype Sistem Tracker Sel Surya untuk Mengikuti Arah Gerak Matahari Berbasis Mikrokontroler 3 Atmega328," vol. 2015, no. Snips, pp. 101-104, 2015.
- [3] T. Prahara, S. T. M. Kom, and Dr. Suryono, S. Si, M. Si, "SISTEM KONTROL CERDAS PELACAK SUMBER CAHAYA MENGGUNAKAN KONTROL PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE (PID)" vol. 1, no. April, 2018.
- [4] R. Syafrialdi, "RANCANG BANGUN SOLAR TRACKER BERBASIS MIKROKONTROLER ATmega8535 DENGAN SENSOR LDR DAN PENAMPIL LCD," J. Fis. Unand, vol. 4, no. 2, pp. 113-122, 2015.
- [5] J. Custer, M. Idham, and J. Lianda, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Panel Surya Dua Dimensi Berbasis Arduino," no. November, pp. 286-290, 2016.
- [6] C. Sharma and A. Jain, "Performance Comparison of PID and Fuzzy Controllers Distributed MPPT," International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS), pp. 625-635, 2015.
- [7] 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