

Perancangan *Single Axis Solar Tracker* Menggunakan *Fuzzy Logic* Berbasis Arduino Guna Mengoptimalkan Output Daya Pada Panel Surya

1st Aditya Iqbal Saputra
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia
adityaiqbalsaputra@student.telkom
university.ac.id

2nd Iswahyudi Hidayat
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia
iswahyudihidayat@telkomuniversity.
ac.id

3st Wahmisari Priharti
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia
wpriharti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Pada saat ini pemasangan panel surya pada umumnya diletakan dengan posisi tertentu tanpa adanya perubahan. sebagai contoh pemasangan panel surya yang dihadapkan ke atas. Dengan posisi panel yang menghadap ke atas maka panel hanya akan mendapat radiasi maksimum ketika tegak lurus dengan matahari atau di siang hari. Hal ini berarti ketika radiasi matahari di waktu pagi dan sore hari tidak terserap maksimal. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, akan dilakukan penelitian untuk meningkatkan keluaran daya Panel surya dengan menggunakan fuzzy logic dan solar tracker. Metode fuzzy logic yang digunakan adalah metode sugeno. Sistem solar tracker menggunakan motor DC linear dan sensor LDR (Light Dependent Resistor) untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari. Penggunaan metode sugeno dipilih dikarenakan memiliki fungsi output yang lebih sederhana dan respon yang lebih cepat bandingkan model mamdani karena perhitungan yang lebih sederhana [1] Pengujian dilakukan sebanyak dua kali yang berlokasi di perumahan Taman Pupa Indah, Kota Bandung. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan perbandingan daya keluaran panel surya statis dengan solar tracker pada pengujian pertama memiliki selisih sebesar 7,17 watt atau 19,89% lebih besar dibandingkan dengan panel surya statis dan pada pengujian kedua sebesar 10,08 watt atau 22,25% lebih besar dibandingkan dengan panel surya statis

Kata Kunci—panel surya, *fuzzy logic*, LDR, motor DC linear, metode sugeno, *solar tracker*

Abstract—At this time the installation of solar panels is generally placed in a certain position without any changes. for example the installation of solar panels facing upwards. With the position of the panel facing up, the panel will only get maximum radiation when it is perpendicular to the sun or during the day. This means that when solar radiation in the morning and evening is not absorbed optimally. To overcome these problems, research will be carried out to increase PV power output by using Fuzzy Logic and solar trackers. The fuzzy logic method used is the Sugeno method. The solar tracker system uses a linear DC motor and an LDR (Light Dependent

Resistor) sensor to detect the intensity of sunlight. The use of the Sugeno method was chosen because it has a simpler output function and a faster response than the Mamdani model because of its simpler calculation [1]. The test was carried out twice, located in Taman Pupa Indah housing complex, Bandung City. Based on the test results, the comparison of the output power of static solar panels with solar trackers in the first test has a difference of 7.17 watts or 19.89% greater than static solar panels and in the second test it is 10.08 watts or 22.25 % larger than static solar panels.

Keywords—solar panel, fuzzy logic, LDR, linear DC motor, Sugeno method, solar tracker

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat Indonesia akan energi listrik semakin meningkat baik di sektor rumah tangga, industri dan yang terbaru yaitu untuk SPKLU (Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum). Sumber energi pembangkit listrik di Indonesia sebagian besar masih didominasi oleh energi fosil (batubara, gas, BBM), sekitar 66% s.d. 80% [2]. Energi fosil merupakan energi yang tidak terbarukan dan merupakan sumber penghasil emisi karbon dioksida. Maka dari itu diperlukan sumber energi untuk mengganti energi fosil salah satunya energi matahari.

Energi matahari merupakan sumber energi yang bebas polusi dan tersedia sepanjang hari. Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi alternatif khususnya di Indonesia sangatlah tepat karena Indonesia berada di daerah tropis. Indonesia mempunyai intensitas radiasi matahari rata-rata sekitar 4.8 kWh/m per hari [3]. Pancaran dari radiasi matahari inilah yang nantinya akan dirubah menjadi energi listrik menggunakan teknologi PV (photovoltaic) panel.

PV (Photovoltaic) adalah teknologi yang menghasilkan arus DC (Direct Current) melalui komponen semikonduktor (solar cell). Ada berbagai faktor yang menyebabkan daya keluaran panel surya menjadi rendah, diantaranya intensitas cahaya matahari yang diterima,

temperatur lingkungan, temperatur panel surya, kecepatan angin bertiup, keadaan atmosfer bumi, orientasi panel surya, posisi letak panel surya terhadap matahari, dan material yang digunakan pada panel surya [12]. Pada saat ini pemasangan panel surya pada umumnya diletakkan dengan posisi tertentu tanpa adanya perubahan. sebagai contoh pemasangan panel surya yang dihadapkan ke atas, dengan posisi panel yang menghadap ke atas maka panel hanya akan mendapat radiasi maksimum ketika

tegak lurus dengan matahari atau di siang hari ini berarti ketika radiasi matahari di waktu pagi dan sore hari tidak terserap maksimal.

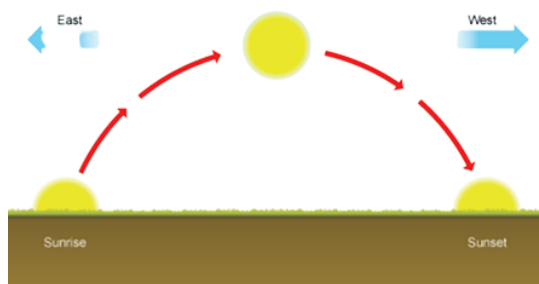
Penelitian terkait solar tracker sudah banyak dilakukan diantaranya pada penelitian [4] menggunakan satu sumbu, dua sensor LDR (Light Dependent Resistor) dan dengan panel surya 50 WP menghasilkan selisih antara panel statis dan dinamis sebesar 13,24 watt. Pada penelitian [13] menggunakan satu sumbu, dua sensor LDR dan metode FLC (Fuzzy Logic Controller) menghasilkan kenaikan sebesar 20,79 % dengan panel surya 50 WP. Pada penelitian yang dilakukan [12] solar tracker yang dibuat berdasarkan sudut deklinasi dan azimuth matahari menghasilkan kenaikan sebesar 24%. Masih banyak penelitian terkait solar tracker dengan berbagai metode, cara dan lokasi.

Pada tugas akhir ini, akan dilakukan upaya untuk memaksimalkan daya keluaran panel surya menggunakan FLC sugeno. Solar tracker yang dibuat adalah single axis berbasis sensor cahaya LDR sehingga tidak diperlukan perhitungan sudut matahari dan dengan penggerak motor DC linear. Penggunaan sensor LDR dan metode FLC sebagai pengendali di diharapkan mampu meningkatkan daya panel surya lebih baik daripada panel statis.

II. KAJIAN TEORI

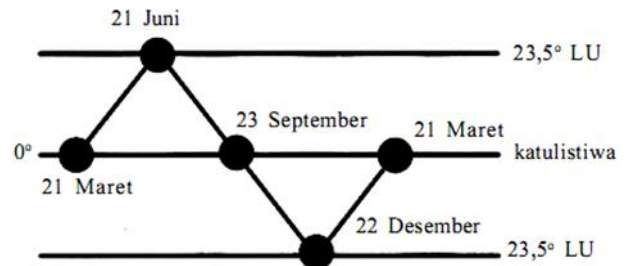
A. Gerak Semu Matahari

Gerak semu matahari dibagi menjadi dua, gerak semu harian dan gerak semu tahunan. Gerak semu matahari disebabkan oleh rotasi bumi terhadap porosnya. Gerak bumi berotasi membutuhkan waktu 23 jam 56 menit 4 detik. Dalam satu hari matahari bergerak 360° derajat sehingga dalam 1 jam matahari akan bergerak 15° [7]



GAMBAR 2. 1 Gerak semu harian matahari

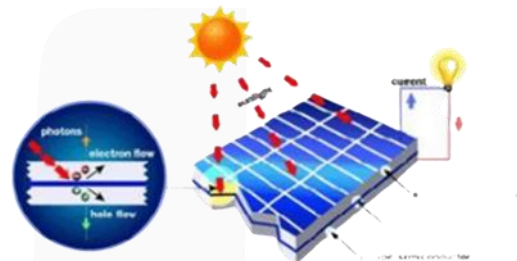
Gerak semu tahunan matahari adalah gerakan matahari yang disebabkan oleh revolusi bumi. Gerak semu tahunan ini membuat posisi matahari berubah-ubah sehingga tidak selalu tepat pada garis khatulistiwa. Garis edar gerak semu tahunan matahari ini antara $23,5^\circ$ LU sampai $23,5^\circ$ LS.



GAMBAR 2. 2 Gerak semu tahunan matahari

B. Panel Surya

Panel surya atau yang biasa dikenal sebagai modul PV merupakan modul yang tersusun dari beberapa susunan sel surya. Sel surya merupakan suatu perangkat yang digunakan untuk mengubah energi foton dari cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek fotovoltaic.

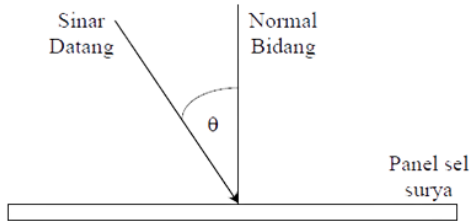


GAMBAR 2. 3 Prinsip kerja panel surya

Sel surya terdiri dari persambungan dua lapisan yang terbuat dari bahan semikonduktor, yaitu semikonduktor tipe P (positif) dan semikonduktor tipe N (negatif). Bagian semikonduktor tipe P merupakan bagian yang bermuatan positif karena memiliki kelebihan hole sedangkan bagian semikonduktor tipe N bermuatan negatif karena memiliki kelebihan elektron. Ketika cahaya matahari mengenai permukaan dari panel, cahaya akan diserap kemudian elektron pada semikonduktor akan dibebaskan dari ikatan kovalennya oleh foton sehingga terjadi perpindahan elektron [14].

C. Pengaruh Sudut Datang Matahari

Besarnya radiasi yang diterima oleh panel surya dipengaruhi oleh sudut datang (Angle of Incidence) [8], yaitu sudut yang terbentuk antara arah sinar datang dengan garis tegak lurus bidang panel.



GAMBAR 2. 4 Arah datang sinar matahari terhadap panel

D. Solar Tracker

Solar tracker merupakan suatu sistem mekanis yang terdiri dari beberapa komponen penting seperti sensor, aktuator, controller, dan PV. Solar tracker dirancang dengan tujuan mampu mendeteksi dan mengikuti pergerakan matahari baik berdasarkan perhitungan sudut atau sensor cahaya sehingga posisi PV selalu tegak lurus dengan arah datangnya cahaya matahari. Ada dua jenis solar tracker berdasarkan derajat kebebasannya yaitu single axis dan dual axis

1. Single Axis

Single axis merupakan sistem penggerak solar tracker dengan satu derajat kebebasan. Pergerakan dari single axis dibagi menjadi horizontal dan vertical axis. Pemilihan horizontal atau vertical axis dipengaruhi berdasarkan letak suatu wilayah. Untuk wilayah tropis karena posisi matahari berada pada titik tertinggi disarankan menggunakan horizontal axis dan untuk wilayah dengan posisi matahari pada titik terendah menggunakan vertical axis [12].



GAMBAR 2. 5 Vertical axis



GAMBAR 2. 6 Horizontal axis

2. Dual Axis

Dual axis solar tracker merupakan sistem penggerak solar tracker dengan dua derajat kebebasan. Sistem dual axis ini dapat bergerak dari timur ke barat dan dari utara ke selatan secara bersamaan. Dual axis solar tracker memiliki akurasi dan menghasilkan output daya lebih baik dari single axis, namun lebih memakan biaya yang lebih mahal dan lebih kompleks.

Radiasi maksimum yang diterima oleh panel surya adalah pada saat cahaya matahari tegak lurus dengan bidang panel. Pada saat cahaya matahari tidak tegak lurus dengan bidang panel atau sudut yang terbentuk antara sinar datang dengan garis tegak lurus bidang panel semakin besar, radiasi yang diterima panel semakin kecil [9].



GAMBAR 2. 7 Dual axis

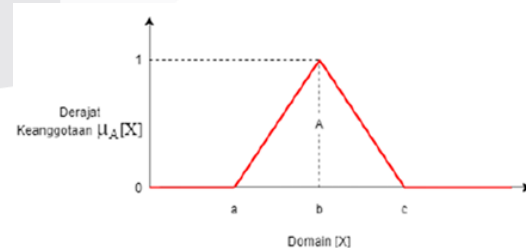
E. Fuzzy Logic

Kata “Fuzzy” secara bahasa memiliki arti kabur atau samar. Logika fuzzy memiliki nilai keanggotaan antara 0 dan 1. Sehingga logika fuzzy bisa artikan sebagai logika yang memiliki nilai kesamaran antara benar atau salah. Logika fuzzy mampu menginterpretasikan pernyataan yang samar menjadi pernyataan yang mampu diartikan dalam bahasa yang mudah dipahami manusia [14].

1. Fuzzifikasi

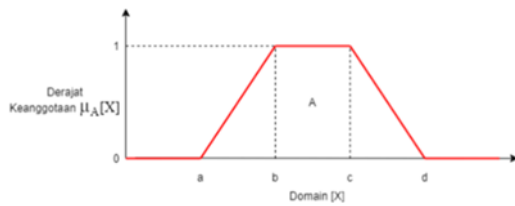
Fuzzifikasi adalah proses mengubah masukan yang memiliki nilai kebenaran pasti (*crisp input*) menjadi variabel linguistik yang ditentukan dari fungsi keanggotaan [14]. Fungsi keanggotaan adalah sebuah kurva yang memetakan titik-titik keanggotaan himpunan dalam interval nilai antara 0 sampai 1. Ada beberapa cara untuk membuat pendekatan fungsi keanggotaan, diantaranya representasi segitiga dan representasi trapesium [14].

a. Representasi segitiga



Gambar 2. 8 Kurva segitiga

b. Representasi trapesium



Gambar 2. 9 Kurva trapesium

2. Inferensi

Inferensi merupakan proses pemetaan dari *input* dalam bentuk himpunan *fuzzy* ke *output* menggunakan *fuzzy logic* [13]. Metode yang digunakan pada tugas akhir ini adalah metode sugeno. Metode sugeno memiliki fungsi output yang lebih sederhana dan respon yang lebih cepat dibandingkan model mamdani karena perhitungan yang lebih sederhana [1].



GAMBAR 2. 10 Blok diagram sistem

A. Desain Perangkat Keras

1. Desain 3D Alat



GAMBAR 3. 1 Desain 3D alat

Pada gambar 3. 4 adalah desain 3D dari alat yang dibuat, posisi awal panel (fixed) akan di atur pada sudut elevasi 25° berdasarkan penelitian [10] elevasi matahari pada bulan Maret – September di Bandung akan menghasilkan daya maksimal pada tilt berkisar 5° - 25° .

2. Skematik Rangkaian

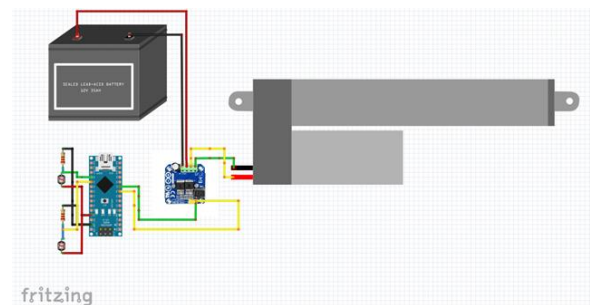
Skematik rangkaian yang dirancang menghubungkan dua sensor LDR dan driver motor pada pin arduino nano.

3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses mengubah himpunan *fuzzy* menjadi nilai *crisp*. Pada model sugeno defuzzifikasi yang digunakan adalah *metode weighted average* [13].

III. METODE

Dalam perancangan sistem yang dirancang pada tugas akhir ini adalah merancang solar tracker single axis yang dapat mengikuti pergerakan matahari berdasarkan intensitas cahaya matahari. Cahaya matahari nantinya dideteksi oleh sensor cahaya LDR yang kemudian tegangan keluaran dari rangkaian LDR akan diubah menjadi nilai ADC oleh mikrokontroler. Hasil ADC yang telah didapat selanjutnya akan diproses menggunakan fuzzy logic metode sugeno untuk menentukan pergerakan aktuator.



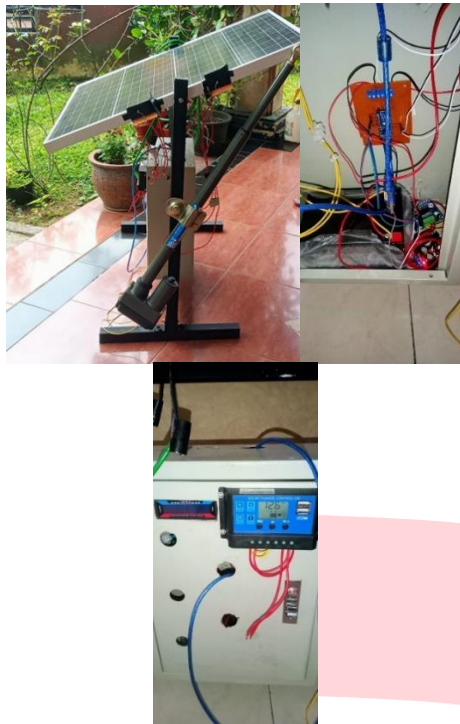
GAMBAR 3. 2 Skematik rangkaian

Tabel 3. 1 Konfigurasi pin

Arduino	LDR 1	LDR 2	Driver motor
5V	Vin	Vin	VCC
GND	GND	GND	GND
A0	Vout	-	-
A1	-	Vout	-
Pin 2	-	-	R_ENA
Pin 3	-	-	L_ENA
Pin 5	-	-	L_PWM
Pin 6	-	-	R_PWM

3. Purwarupa Alat

Komponen yang digunakan seperti arduino nano, driver motor dan baterai diletakkan didalam sebuah panel box berukuran 40 x 30 x 15 cm yang terpasang pada besi dibawah panel surya. Untuk sensor LDR keduanya dipasang disamping panel surya, LDR 1 dipasang dibagian atas (barat) dan LDR 2 dipasang dibagian bawah (timur). Watt meter dan SCC dipasang pada bagian depan panel box.

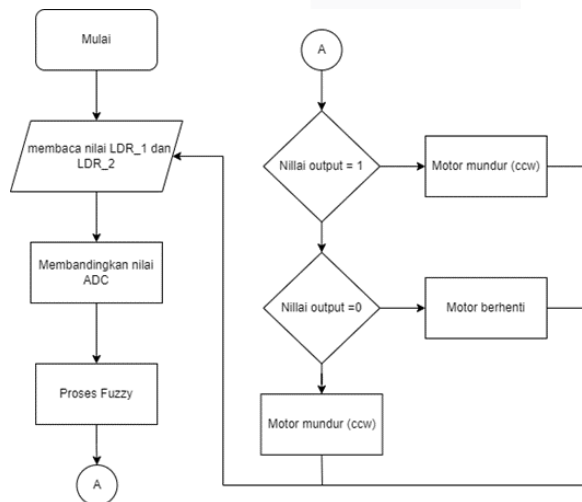


GAMBAR 3.3 Purwarupa alat

B. Desain Perangkat Lunak

Pada tugas akhir ini menggunakan dua perangkat lunak yaitu MATLAB dan Arduino IDE. Perangkat lunak MATLAB digunakan untuk membuat rancangan sistem FLC sebelum diterjemahkan ke dalam bahasa pemrograman C pada Arduino IDE.

1. Diagram Alir



GAMBAR 3.4 Diagram alir

Alur sistem yang dibuat pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir diatas. Sistem yang dibuat adalah mengendalikan motor berdasarkan hasil defuzzifikasi. Pengontrolan pergerakan motor dilakukan menggunakan mikrokontroler sesuai dengan fuzzy rule yang telah dibuat. Sistem diawali dengan pembacaan sensor LDR kemudian nilai dari LDR 1 dan LDR akan dibandingkan menggunakan fuzzy logic. Tahap selanjutnya setelah dilakukan perbandingan maka hasil perbandingan akan diolah

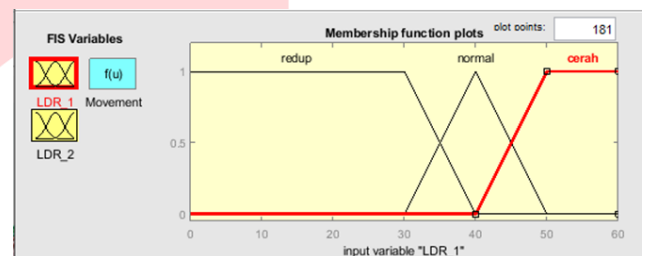
menggunakan weighted average untuk mendapat hasil defuzzifikasi. Pergerakan motor berdasarkan hasil defuzzifikasi yaitu berupa nilai 0 untuk berhenti, nilai 1 counter clockwise dan nilai -1 untuk clockwise.

2. Desain Fuzzy Logic

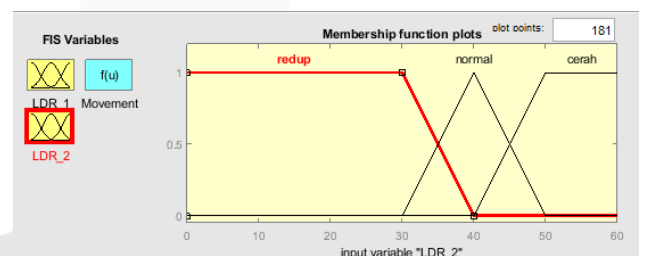
Perancangan FLC pada tugas akhir ini menggunakan tool fuzzy dari software MATLAB. Perancangan FLC dilakukan untuk mempermudah dalam pembuatan program pada Arduino IDE. Tahapan dalam fuzzy logic yaitu fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi.

a. Input

Langkah pertama adalah menentukan parameter input fuzzy. Parameter input pada sistem ini menggunakan dua sensor LDR. Nilai dari sensor akan diolah menjadi himpunan fuzzy yang kemudian dipetakan berdasarkan fungsi keanggotaannya. Pada fungsi keanggotaan sensor LDR memiliki 3 variabel linguistik, yaitu redup, normal, dan cerah.



GAMBAR 3.5 Fuzzy Input LDR_1



GAMBAR 3.6 Fuzzy Input LDR_2

b. Fuzzy Rule

Pada perancangan sistem fuzzy rule terdapat sembilan rule dengan tiga output yaitu berhenti, cw (clockwise), dan ccw (counter clockwise).

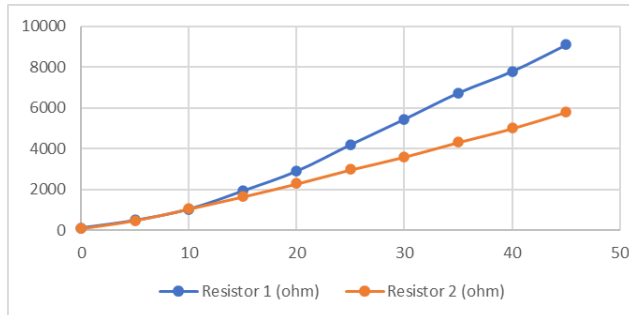
TABEL 3.2 Tabel fuzzy rule

IF	AND	THEN
LDR 1 Redup	LDR 2 Redup	Berhenti
LDR 1 Redup	LDR 2 Redup	CW
LDR 1 Redup	LDR 2 Redup	CW
LDR 1 Normal	LDR 2 Normal	CCW
LDR 1 Normal	LDR 2 Normal	Berhenti
LDR 1 Normal	LDR 2 Normal	CW
LDR 1 Cerah	LDR 2 Cerah	CCW
LDR 1 Cerah	LDR 2 Cerah	CCW
LDR 1 Cerah	LDR 2 Cerah	Berhenti

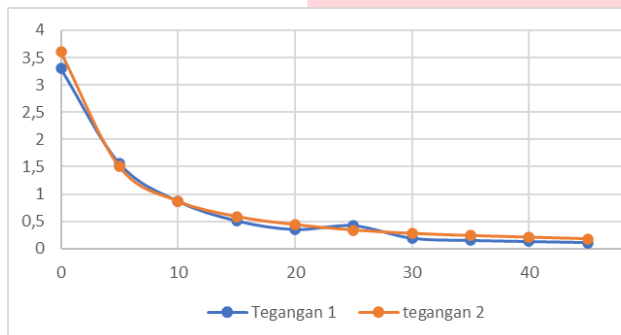
IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Pengujian Sensor LDR

Tujuan pengujian LDR ini untuk mengetahui nilai ADC dari dua LDR yang apakah memiliki nilai ADC yang sama untuk intensitas cahaya yang sama, karena parameter untuk menggerakkan motor DC linear adalah perbandingan nilai ADC dari dua LDR. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan cahaya ke sensor LDR dengan flash dari handphone dengan jarak yang 0 cm sampai 50 cm.



GAMBAR 4.1 Perbandingan nilai resistansi LDR 1 dan LDR 2

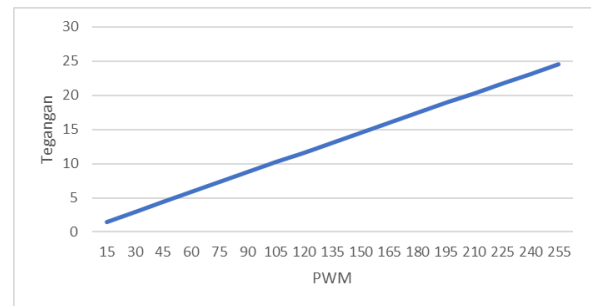


GAMBAR 4.2 Perbandingan tegangan dua LDR

Dari hasil grafik pengujian resistansi pada gambar 4.1 didapat terlihat bahwa semakin jauh jarak antara sensor LDR dengan sumber cahaya maka resistansi yang terukur akan semakin besar. Pada grafik pengujian tegangan pada gambar 4.2 terlihat semakin jauh jarak antara sensor LDR dengan cahaya (redup) maka semakin kecil tegangan yang terukur dikarenakan hambatan yang semakin tinggi. Pada pengujian ini, sensor LDR yang digunakan sudah sesuai dengan cara kerjanya.

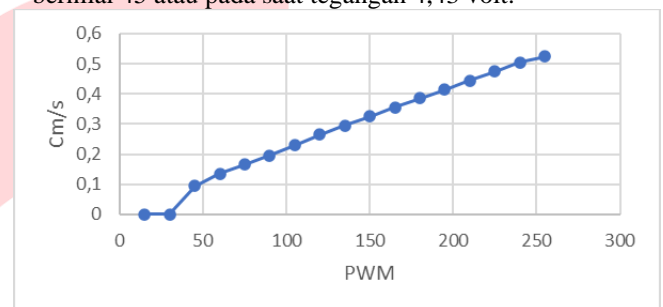
B. Pengujian Aktuator

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa dari Motor DC linear berdasarkan masukan dari sinyal PWM yang diberikan dari motor driver dan mengetahui kecepatan extend dan retract dari motor DC. Pengujian dilakukan dengan memberikan nilai PWM pada motor driver dengan nilai 0 sampai 255.



GAMBAR 4.3 Grafik tegangan terhadap PWM

Pada gambar 4. 2 grafik perbandingan antara nilai tegangan dan nilai PWM membentuk garis linear naik. Semakin besar nilai PWM yang diberikan maka semakin besar tegangan yang dibutuhkan. Motor mulai bergerak ketika PWM bernilai 45 atau pada saat tegangan 4,43 volt.

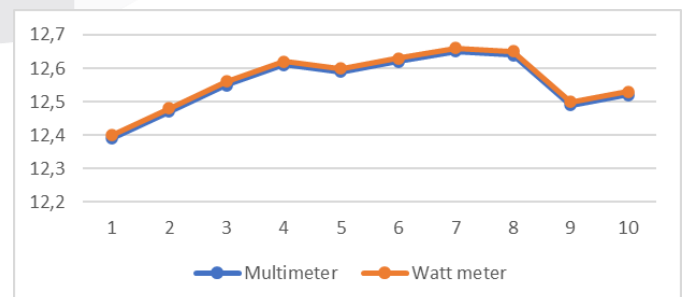


GAMBAR 4.4 Grafik kecepatan motor terhadap PWM

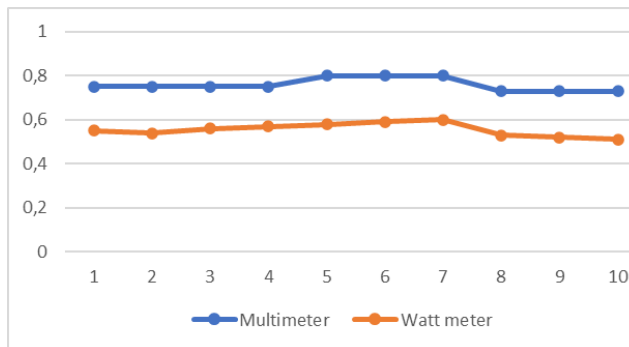
Berdasarkan gambar 4. 3 menunjukkan bahwa semakin besar nilai PWM yang diberikan maka semakin cepat motor DC linear bergerak. Motor DC linear mulai bergerak pada nilai PWM 45 dengan kecepatan 0.095 cm/s dan memiliki kecepatan paling besar pada nilai PWM 255 yaitu sebesar 0.525 cm/s.

C. Pengujian Watt Meter

Pengujian ini bertujuan untuk melihat perbandingan hasil besaran arus dan tegangan yang diukur dengan watt meter dan multimeter yang terhubung dengan PV 100 WP. Mengukur arus dan tegangan pada panel menggunakan multimeter dan melihat tampilan tegangan dan arus pada watt meter. Pengujian menggunakan 10 sampel data, berikut hasil dari pengujian watt meter.



GAMBAR 4.5 Grafik perbandingan tegangan watt meter dengan multimeter

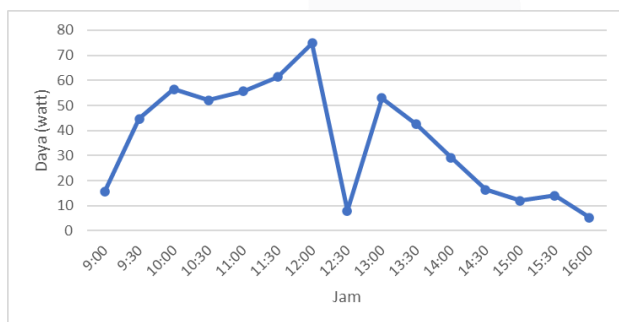


GAMBAR 4. 6 Perbandingan arus multimeter dengan watt meter

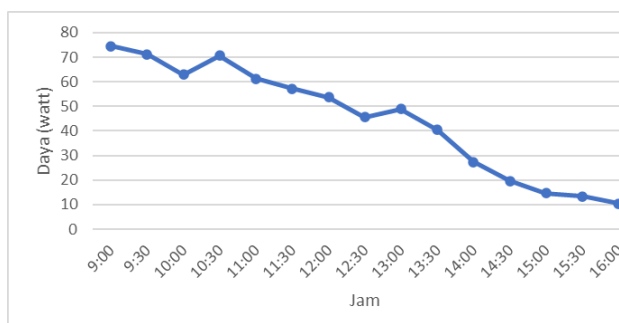
Dari hasil pengukuran pada PV didapatkan bahwa besaran arus antara watt meter dan multimeter didapatkan perbedaan rata-rata sebesar 0.268775 ampere atau sekitar 3%. Pada pengukuran tegangan antara watt meter dan multimeter didapatkan perbedaan rata-rata sebesar 0.000796 volt atau sekitar 0%. Dapat disimpulkan bahwa sensor arus dan sensor tegangan pada watt meter yang dipakai pada penelitian ini dapat digunakan sebagai parameter pengukuran karena memiliki perbedaan yang tidak jauh dengan pengukuran multimeter.

D. Pengujian Panel Statis

Pengujian panel statis bertujuan untuk mengetahui daya keluaran panel statis yang nantinya akan dibandingkan dengan panel dengan solar tracker. Pengujian panel surya statis dilakukan sebanyak dua kali. Pengujian pertama pada tanggal 13 September 2022 dan pengujian kedua pada 15 September 2022. Cara pengujian yaitu dengan memposisikan *tilt* panel 25° kemudian melakukan pengecekan watt meter setiap 30 menit dari jam 09.00 WIB – 16.00 WIB.



GAMBAR 4. 7 Keluaran daya panel statis pada pengujian pertama

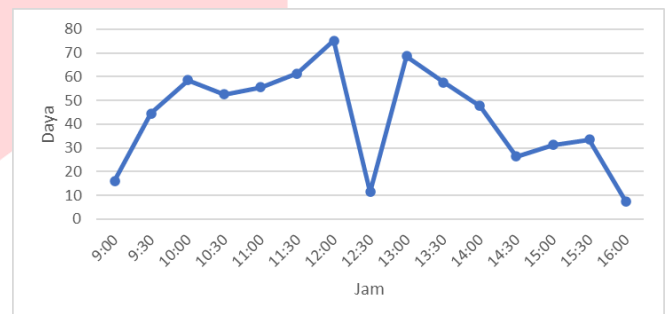


GAMBAR 4. 8 Keluaran daya panel statis pada pengujian kedua

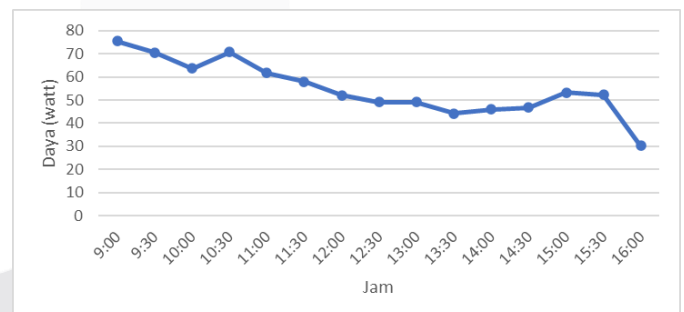
Pada pengujian pertama panel surya statis didapat daya keluaran rata-rata dari panel surya statis sebesar 36,04 watt dengan peak daya pada pukul 12.00 sebesar 74,8 watt. Pada pengujian kedua panel surya statis didapat daya keluaran rata-rata dari panel surya statis sebesar 44,81 watt dengan peak daya pada pukul 09.00 sebesar 74,6 watt.

E. Pengujian Panel Dengan Solar Tracker

Pengujian panel dengan solar tracker bertujuan untuk mengetahui bagaimana keluaran daya dari panel jika menggunakan solar tracker. Pengujian panel surya dengan solar tracker dilakukan sebanyak dua kali. Pengujian pertama pada tanggal 13 September 2022 dan pengujian kedua pada 15 September 2022. Cara pengujian yaitu dengan memposisikan tilt panel 25° kemudian melakukan pengecekan watt meter setiap 30 menit dari jam 09.00 WIB – 16.00 WIB.



GAMBAR 4. 9 Keluaran daya panel dengan solar tracker pada pengujian pertama



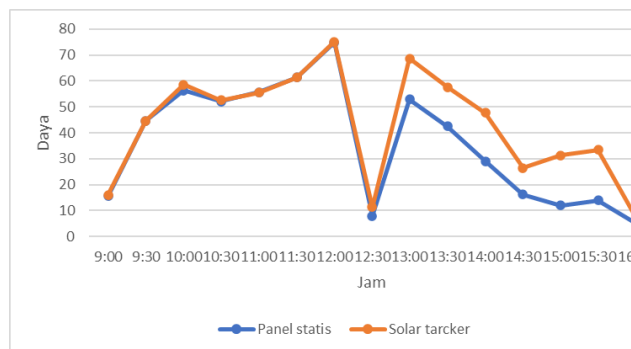
GAMBAR 4. 10 Keluaran daya panel dengan solar tracker pada pengujian kedua

Pada pengujian panel surya dengan solar tracker didapat daya keluaran rata-rata panel surya sebesar 43,21 watt dengan peak daya pada pukul 12.00 sebesar 75,2 watt. Pada pengujian panel surya dengan solar tracker didapat daya keluaran rata-rata panel surya sebesar 54,9 watt dengan peak daya pada pukul 09.00 sebesar 75,6 watt.

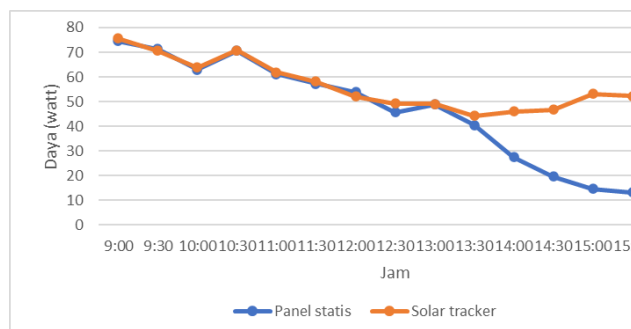
F. Perbandingan Daya Keluaran Panel Statis Dan Panel Dengan Solar Tracker

Pengujian panel surya statis dan panel surya dengan solar tracker dilakukan sebanyak dua kali. Pengujian pertama pada tanggal 13 September 2022 dan pengujian kedua pada 15 September 2022. Cara pengujian yaitu dengan menempatkan kedua panel secara berdekatan dan memposisikan tilt panel 25° kemudian melakukan pengecekan watt meter setiap

30 menit dari jam 09.00 WIB – 16.00 WIB.



GAMBAR 4. 11 Perbandingan daya panel statis dan panel dengan solar tracker pengujian pertama



GAMBAR 4. 12 Perbandingan daya panel statis dan panel dengan solar tracker pengujian kedua

Pada pengujian pertama didapat daya rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya statis sebesar 36,04 watt dan panel surya dengan solar tracker sebesar 43,21 watt. daya keluaran rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya dengan solar tracker lebih besar 7,17 watt atau 19,89% lebih besar dibandingkan dengan panel surya statis.

Pada pengujian kedua didapat daya rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya statis sebesar 44,81 watt dan panel surya dengan solar tracker sebesar 54,9 watt. daya keluaran rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya dengan solar tracker lebih besar 10,08 watt atau 22,5% lebih besar dibandingkan dengan panel surya statis.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Solar tracker single axis menggunakan fuzzy logic yang dirancang sudah bekerja dengan baik untuk mengotimalkan daya keluaran dari panel surya. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan daya keluaran rata-rata panel surya dengan solar tracker dan panel surya statis memiliki selisih daya keluaran sebesar 7,17 watt pada pengujian pertama dan 10,08 watt pada pengujian kedua.
2. Dengan melihat perbandingan daya keluaran antara panel surya statis dan panel surya dengan solar tracker, maka didapat daya keluaran pada panel surya dengan solar tracker lebih besar 19,89% pada pengujian pertama

dan pada pengujian kedua sebesar 22,5%

B. Saran

Sebagai saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, penulis memiliki beberapa saran sebagai berikut.

1. Menggunakan modul RTC sensor tegangan dan arus yang terhubung dengan sistem IOT (Internet of Things) sehingga mempermudah dalam monitoring.
2. Menggunakan dual axis atau menambahkan pengaturan manual posisi panel terhadap sudut deklinasi matahari.
3. Penambahan sistem pendingin dan pembersih pada panel surya.

REFERENSI

- [1] A. M. Marsukan, P. Pangaribuan, and ..., "Implementasi Sistem Kontrol Penerangan Pada Taman Berbasis Fuzzy Logic," *eProceedings ...*, vol. 6, no. 2, pp. 2724–2731, 2019, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversiti.ac.id/index.php/engineering/article/view/10425>
- [2] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), *OUTLOOK ENERGI INDONESIA 2021 Perspektif Teknologi Energi Indonesia: Tenaga Surya untuk Penyediaan Energi Charging Station*. 2021.
- [3] J. M. Kadang and J. Windarta, "Optimasi Sosial-Ekonomi pada Pemanfaatan PLTS PV untuk Energi Berkelanjutan di Indonesia," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 2, pp. 74–83, 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.11113.
- [4] A. M. Putra and U. N. Padang, "Sistem Kendali Solar Tracker Satu Sumbu berbasis Arduino dengan sensor LDR," *JTEV (Jurnal Tek. elektro dan Vokasional)*, vol. 06, no. 01, pp. 322–327, 2020.
- [5] E. D. Septiawan, R. Nugraha, S. Sumaryo, F. T. Elektro, and U. Telkom, "Sistem Kendali Posisi Sel Surya Menggunakan Solar Cell Position Control System Using," vol. 6, no. 2, pp. 3068–3074, 2019.
- [6] G. R. Kesatu, W. Priharti, and U. Telkom, "Peningkatan Daya Keluaran Panel Surya Menggunakan Sistem Pelacak Surya Sumbu Ganda Solar Panel Output Power Improvement Using Dual Axis Solar," vol. 8, no. 6, pp. 11407–11413, 2021.
- [7] G. Fathurrahman, R. Nugraha, and S. Sumaryo, "Sistem Kendali Posisi Sel Surya Menggunakan Fuzzy Logic Controller," *e-Proceeding Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 3061–3067, 2019.
- [8] Y. Pradona, "Variasi Kemiringan Sudut Terhadap Efektivitas Kinerja Panel Surya," vol. 2, no. 1, pp. 41–49, 2019.
- [9] R. Radhiansyah, M. Reza, and C. Ekaputri, "Desain Optimal Dan Implementasi Penggerak Panel Surya Menggunakan Metode Perhitungan Sudut Azimuth

- Matahari,” *eProceedings Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 3887–3894, 2018, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversi.ac.id/index.php/engineering/article/view/8096>
- [10] R. Darussalam, A. Rajani, K. Kusnadi, and T. D. Atmaja, “Pengaturan Arah Azimuth Dan Sudut Tilt Panel Photovoltaic Untuk Optimalisasi Radiasi Matahari, Studi Kasus: Bandung - Jawa Barat,” vol. V, pp. SNF2016-ERE-31-SNF2016-ERE-36, 2016, doi: 10.21009/0305020606.
- [11] S. B. Sepulveda Mora, E. A. Luna Paipa, M. A. Laguado Serrano, and L. F. Bustos Márquez, “Performance comparison between PWM and MPPT charge controllers,” *Sci. Tech.*, vol. 24, no. 1, p. 6, 2019, doi: 10.22517/23447214.20681.
- [12] Maulana Fardhani, M. I, “Perancangan prototipe 2 Axis Solar Tracker Guna Optimalisasi Output Daya Solar Panel,”
- [13] Prabudi, R, “Perancangan Dan Implementasi Solar Tracker Dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis FPGA,”
- [14] Rahardjo, I, & Fitriana, I, “Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia.”
- [15] Faizi, N, “Sistem Pengendali Dan Pemantauan PH Air Pada Tanaman Akuaponik Dengan Metode Fuzzy Logic Controller.”
- [16] Budi, Y, “Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C51.”