

Analisis Perbandingan Output Daya Listrik Panel Surya Sistem *Tracking* Dengan Solar *Reflector*

Wahyu Dwi Cahyanto¹, Istiyo Winanrno², Belly Yan Dewantara³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan,
Universitas Hang Tuah Surabaya
wahyudwicahyanto5@gmail.com

Received: September 2025; Accepted: November 2025; Published: February 2026

DOI: <https://doi.org/10.30649/je.v6i1.143>

Abstrak

Pada saat ini salah satu jenis *energy alternative* yang berkembang pesat dan banyak digunakan oleh banyak negara adalah *energy* matahari yang digunakan sebagai pembangkit listrik dalam bentuk sel surya. Teknologi ini dapat mengkonversi intensitas matahari menjadi energi listrik. Dalam pengembangannya diperlukan sebuah sistem pengendali untuk mengoptimalkan daya keluaran sel surya, sistem tersebut diantaranya adalah menggunakan solar *tracking* yang dapat untuk mengontrol posisi sel surya agar selalu tegak lurus dengan arah matahari secara otomatis dan solar *reflector* yang menggunakan cermin datar sebagai optik untuk mengoptimalkan intensitas cahaya. Sistem yang digunakan untuk pengaturan tersebut dinamakan sistem *tracking* dan *reflector* matahari dengan kontrol *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Hasil yang diperoleh dari sistem *tracking* setelah dilakukan pengujian daya paling optimal didapat ketika sel surya tegak lurus dengan matahari dengan kontrol ANFIS yaitu 12.743 watt dan sel surya dengan *reflector* dapat mengoptimalkan daya dua kali lebih besar.

Kata kunci: Sel Surya, Sistem *Tracking*, Sistem *Reflector*, *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS)

Abstract

At this time, one type of alternative energy that is growing rapidly and is widely used by many countries is solar energy which is used as a power plant in the form of solar cells. This technology can convert the intensity of the sun into electrical energy. In its development, a control system is needed to optimize the output power of solar cells, such systems are using solar tracking which can control the position of solar cells so that they are always perpendicular to the direction of the sun automatically and a solar reflector that uses a flat mirror as optics to optimize light intensity. The system used for this arrangement is called a solar tracking and reflector system with Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) control. The results obtained from the tracking system after testing the most optimal power obtained when the solar cell is perpendicular to the sun with ANFIS control which is 12,743 watts and the solar cell with reflector can optimize power twice as much..

Key words: Solar Cell, Tracking System, Reflector System, Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

I. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan teknologi,

telah banyak sumber energi terbarukan yang dikembangkan diantaranya yaitu pemanfaatan *energy* matahari yang

dikonversi menggunakan sel surya (*photovoltaic*). Tenaga surya sebagai sumber *clean energy* menjadi banyak diminati. untuk dilakukan penelitian lebih lanjut. Energi listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan ke banyak aplikasi, sebagai contoh pemanfaatan dalam kehidupan sehari-hari diantaranya sebagai pengisi baterai lampu jalan, pemanas air, dan juga sebagai pembangkit tenaga listrik yang akan dihubungkan langsung ke jala-jala PLN.

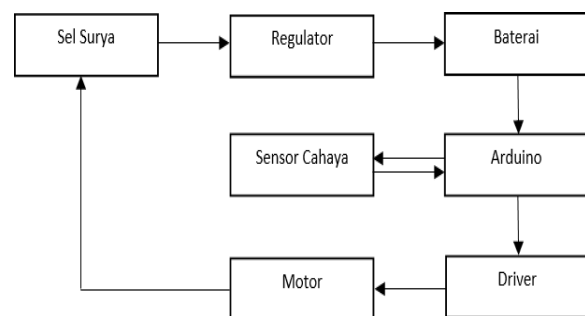
Energi yang dihasilkan matahari tidak terbatas dibandingkan sumber energi fosil yang semakin menipis, sudah banyak pakar energi yang bersaing untuk menemukan penemuan baru tentang sumber alternatif yang ramah lingkungan, salah satu yaitu sel surya, walaupun secara efisiensi saat ini masih perlu pertimbangan lebih lanjut. Dampak dari efisiensi output sel surya yang rendah ini, berpengaruh pada hasil output daya listrik yang dihasilkan [1]. Adapun pengendalian yang digunakan dalam pengembangan *solar tracker* ini cukup bervariasi, mulai dari menggunakan pengendalian klasik sampai pada pengendalian yang modern. Pada penelitian [2] dimana sistem *tracking* sel surya dengan menggunakan kontrol fuzzy dapat mengatur posisi dari sel surya agar tegak lurus dengan arah matahari untuk dapat mengoptimalkan daya sel surya [5]. Namun pada penelitian tersebut pergerakan motor kurang *smooth* dan kurang tegak lurus dengan matahari sehingga mengganggu pengoptimalan daya pada sel surya.

Maka pada penelitian ini akan dikembangkan dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* dan mengganti motor DC dengan motor stepper [3]. Peningkatan efisiensi kerja sel surya juga dapat dilakukan dengan penambahan *reflektor* dengan memperhitungkan satu sudut terhadap peningkatan produksi energi [4][5].

II. METODE PENELITIAN

2.1. Panel Surya Sistem *Tracking*

Setelah melakukan studi literatur, langkah selanjutnya adalah membuat atau merancang model dari sistem *tracking* sel surya *single axis* untuk pengoptimalan daya menggunakan metode kontrol ANFIS. Untuk memberikan penjelasan pada penelitian ini akan menjelaskan tentang pada sistem yang akan dibuat pada penelitian ini, berikut adalah gambar diagram blok dari sistem *tracking* panel surya *single axis*.

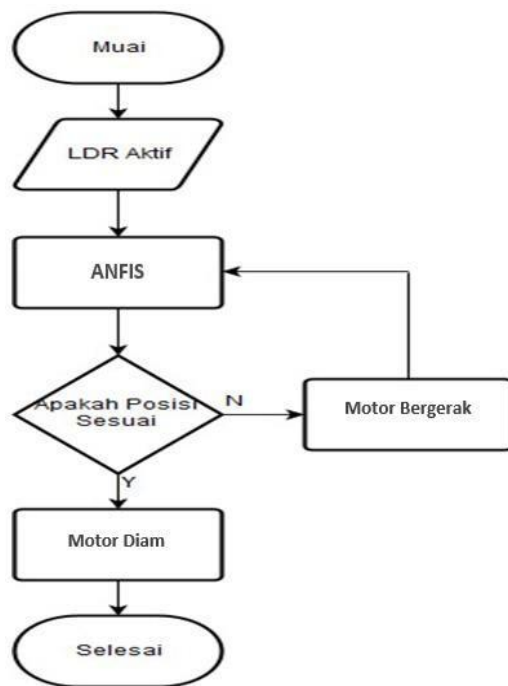


Gambar 1. Diagram Blok Sistem [6]

Gambar 1 berawal dari sel surya sebagai sumbernya. Dimana keluaran dari sel surya berupa tegangan (V_i) dan arus (I_i) yang berasal dari intensitas cahaya matahari. Keluaran dari panel surya diteruskan ke regulator sebagai untuk penye-tabilkan pada *charging* baterai, dimana baterai adalah sumber dari *load*. Sensor *Light Dependent Resistor (LDR)* akan mencari nilai intensitas pada cahaya yang akan mengirim sinyal pada mikrokontroler Arduino yang berfungsi sebagai kontroler [6][7].

Pada analisa ini menggunakan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* untuk mengatur nilai inputan dari Arduino. Data hasil pengontrolan berupa sinyal *Pulse Width Modulation (PWM)* yang kemudian dikirim ke driver motor stepper. Pulsa dari *driver* kemudian diteruskan ke motor stepper sehingga motor bergerak dan menggerakkan sel surya mengikuti cahaya matahari dengan pergera-

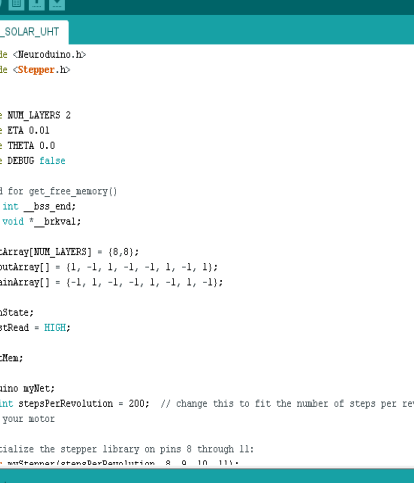
kan yang lebih *smooth/step by step* untuk menghasilkan daya optimal pada sel surya. Sinyal PWM *horizontal* akan menggerakkan motor dengan putaran *horizontal*. Motor tersebut disusun pada sistem mekanik yang porosnya dapat berputar pada sumbu X, sehingga sel surya bergerak dengan *single axis* [8][9].



Gambar 2. Diagram Alir Sistem

Pada Gambar 2 bermula ketika LDR atau sensor cahaya mendapat intensitas cahaya maka LDR akan mengirim sinyal ke arduino, sinyal itu berupa nilai tegangan yang kemudian diproses oleh arduino yang sudah memberikan kontroler pada ANFIS, dalam penelitian ini menggunakan perbandingan nilai dari tiap-tiap sensor, motor akan bergerak ke arah nilai intensitas cahaya yang memiliki nilai tertinggi [10].

Perancangan pengendali yang akan digunakan adalah pengendali ANFIS untuk mengendalikan kecepatan. Pengendali ini akan menentukan keluaran sinyal PWM yang akan diberikan kepada motor stepper yang bertindak sebagai aktuator. Motor tersebut akan memutar *valve*. Berikut adalah gambar dari nilai kontrol ANFIS pada arduino uno.



```

ANFIS_SOLAR_UHT.ino
File Edit Sketch Tools Help

[Icons: Run, Stop, Serial Monitor, etc.]

ANFIS_SOLAR_UHT

#include <Neuroduino.h>
#include <Stepper.h>

#define NUM_LAYERS 2
#define ETA 0.01
#define THETA 0.0
#define DEBUG false

// used for get_free_memory()
extern int __bss_end;
extern void *__brkval;

int netArray[NUM_LAYERS] = {8,8};
int inputArray[] = {1, -1, 1, -1, -1, 1, -1, 1};
int trainArray[] = {-1, 1, -1, -1, 1, -1, 1, -1};

int pinState;
int lastRead = HIGH;
int netNew;

Neuroduino myNet;
const int stepsPerRevolution = 200; // change this to fit the number of steps per revolution
// for your motor

// initialize the stepper library on pins 8 through 11:
Stepper myStepper(400, 8, 9, 10, 11);

Done Saving

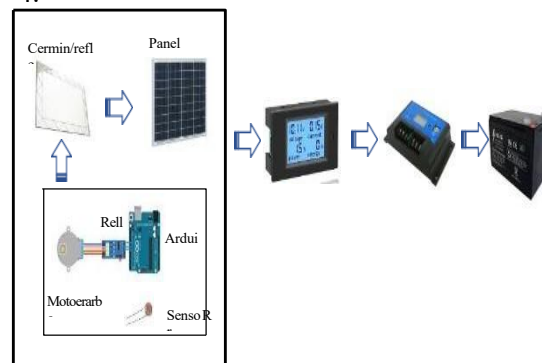
Invalid library found in D:\ARDUINO\arduino-1.6.3\libraries\lib: D:\ARDUINO\arduino-1.6
Invalid library found in D:\ARDUINO\arduino-1.6.3\libraries\mainclock-master: D:\ARDUINO\ard
Invalid library found in D:\ARDUINO\arduino-1.6.3\libraries\tests: D:\ARDUINO\arduino-1

```

Gambar 3. Program ANFIS Arduino

2.2. Panel Surya Sistem Reflektor

Panel surya sistem reflektor cermin datar ini dapat diketahui desain pada Gambar 4.



Gambar 4. Sistem Reflektor

Pada Gambar 4 menjelaskan gambar desain panel surya dengan *reflector* cermin datar pada satu sisi. Pada penempatan *reflector* membuat desain dengan penambahan *reflector* pada panel surya menggunakan sensor LDR supaya mengikuti arah matahari dengan menggunakan motor DC *gearbox* sebagai penggerak utama [11].

Sistem kerja rangkaian alat pada Gambar 4 reflektor berguna untuk memantulkan cahaya matahari di sekitar sel surya

agar seluruh cahaya tersebut mengarah ke panel surya. Sehingga dengan kata lain, penambahan *reflektor* ini bisa menambah intensitas intensitas cahaya matahari dapat menambah daya *output* dari panel surya.

Konsep dari pemikiran penelitian ini adalah modul panel surya bercermin *reflektor* (cermin datar) pada satu sisinya dengan menggunakan dua perlakuan yang berbeda, yaitu pengujian modul panel surya pertama dengan menggunakan teknologi *scanning reflektor* dan pengujian modul panel surya yang ke dua tanpa menggunakan *reflektor* [11][12].

Sebelum proses pengujian, untuk mendapatkan perbandingan yang baik terhadap nilai karakteristik *Isc* dan *Voc* terlebih dahulu ada tahap penyamaan nilai karakteristik modul panel surya, seperti tampilan Gambar 4. pengambilan data secara Bersama-sama dengan rentang waktu yang sama, mulai pukul 09.00 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB pukul. Hasil pengambilan data dilakukan proses pengambilan untuk mengetahui nilai daya *output* pada kondisi tertentu.

Reflektor berguna untuk memantulkan cahaya matahari di sekitar panel surya agar seluruh cahaya tersebut mengarah ke panel surya. Sehingga dengan kata lain, penambahan *reflektor* ini dapat menambah intensitas cahaya matahari yang di terima panel surya, sehingga dengan peningkatan intensitas cahaya matahari dapat menambah daya *output* dari panel surya [13].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sistem *Tracking* Panel Surya

Sistem *tracking* panel surya merupakan sistem untuk mengoptimalkan output daya listrik panel surya. Desain teknis sistem *tracking* panel surya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian keseluruhan pada sistem *tracking* panel surya

Data yang diambil pada penelitian ini adalah sel surya tanpa menggunakan sistem penjejak matahari dan panel surya yang menggunakan sistem penjejak matahari. Pengambilan data dilakukan selama 3 hari, untuk setiap harinya dimulai pukul 08.00 sampai dengan pukul 15.00 data diambil setiap 15 menit.

Tabel 1. Arus, tegangan dan daya dari sistem tracking ANFIS

Pukul	Volt		Amper		Watt	
	Tanpa Tracking	Tracking	Tanpa Tracking	Tracking	Tanpa Tracking	Tracking
09.00	18.98	18.65	0.462	0.791	8.769	14.752
09.30	18.60	18.45	0.512	0.674	9.523	12.435
10.00	18.54	18.75	0.589	0.750	10.920	14.063
10.30	19.02	18.33	0.629	0.801	11.964	14.682
11.00	18.88	18.79	0.747	0.828	14.103	15.558
11.30	18.42	19.08	0.834	0.836	15.362	15.951
12.00	18.25	19.00	0.901	0.843	16.443	16.017
12.30	18.28	18.99	0.852	0.892	15.575	16.939
13.00	18.69	19.06	0.781	0.910	14.597	17.345

13.30	19.05	18.92	0.712	0.899	13.564	17.001
14.00	18.78	18.83	0.687	0.860	12.902	16.194
14.30	18.53	19.00	0.521	0.841	9.711	15.979
15.00	18.48	19.06	0.487	0.792	8.999	15.096

Berdasarkan Tabel 1 dijelaskan bahwa data daya yang dihasilkan sel surya dengan *tracking* lebih besar dari pada sel surya tanpa *tracking*. Naik turunnya daya pada data diatas dipengaruhi oleh cuaca. Hasil daya yang sedikit stabil dan mengalami peningkatan terlihat pada cuaca cerah.

3.1 Sistem Reflektor Panel Surya

Solar reflector panel surya memiliki sistem yang sama seperti sistem *tracking* panel surya yaitu sistem untuk mengoptimalkan output daya listrik panel surya. Desain teknis *solar reflector* panel surya dapat dilihat pada Gambar 6. Dapat dilihat pada Gambar 6 desain pada sistem *solar reflector* yang memiliki desain yang sederhana yang membandingkan dengan pada sistem *tracking*, yaitu hanya menggunakan panel surya dan menggunakan 1 buah cermin datar sebagai *reflector* yang pada sudut *reflector* yang dapat berubah setiap saat [12][14].

Pada penelitian ini korelasi antara waktu terhadap tegangan dengan kedua variasi yaitu sudut 60° dan 90° . Untuk tegangan variasi tanpa reflektor yang diujikan secara bersamaan pada 13:00 ke

13:30 mengalami penpenurunan dikarenakan intensitas matahari yang tertutup awan membuat nilai tegangan turun dari 13.85 Volt menjadi 14.36 Volt.

Tegangan pada panel surya memiliki nilai yang lebih tinggi variasi lainnya karena adanya variasi sudut yang mempengaruhi nilai tegangan. Nilai tegangan tanpa reflektor memiliki nilai dibawah menggunakan reflektor dikarenakan panel surya dengan menggunakan reflektor mempunyai nilai tegangan. Semakin besar nilai daya output semakin besar juga nilai tegangan [15]. Pengukuran dilakukan pada waktu Bersama dengan rentang waktu per-30 menit untuk pengambilan data.



Gambar 6. Rangkaian keseluruhan pada sistem *reflector* panel surya

Tabel 2. Arus, tegangan dan daya dari sistem reflektor

Pukul	Volt		Amper		Watt	
	A	B	A	B	A	B
09.00	12.95	13.76	0.57	0.75	7.3	10.3
09.30	13.15	14.14	0.95	1.32	12.6	18.6
10.00	14.11	14.66	2.21	1.84	31.1	26.9
10.30	14.29	13.88	2.26	0.48	32.2	6.6
11.00	14.49	14.17	1.20	0.71	31.8	10.0
11.30	14.87	15.42	2.39	1.64	35.5	25.2
12.00	15.31	14.94	2.68	0.87	4.10	12.9
12.30	17.17	15.35	2.55	1.13	43.7	17.3
13.00	13.85	14.72	0.37	0.83	5.1	12.2
13.30	14.36	14.37	0.63	0.35	9.0	5.0
14.00	14.83	14.97	0.92	0.66	13.6	9.8

14.30	15.39	13.95	1.79	0.01	27.3	0.1
15.00	14.63	13.81	0.81	0.01	11.8	0.1

3.2. Analisis Perbandingan Output Daya Listrik Panel Surya Sistem *Tracking* dengan *Solar Reflector*

Untuk menentukan hasil analisis perbandingan pada nilai output daya listrik yang lebih maksimal pada Sistem *Tracking* dan *Solar Reflector*, dalam analisis ini akan menggunakan media berupa cermin datar pada sudut *reflector* tersebut [15][16]. Dalam percobaan ini penulis mengarahkan sel surya tegak lurus kearah atas. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian sistem tanpa kontroler yang

dilakukan mulai pukul 09.00 WIB hingga pukul 15.00.

Dari Tabel 3 perhitungan perbandingan daya yang didapatkan dari *tracking* dan *reflektor* maka dapat diamati bahwa daya dari sistem *reflektor* menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan sistem *tracking*. Dimana sistem *reflektor* menghasilkan daya sebesar 29.53 Watt dan sistem *tracking* menghasilkan 15.53 Watt. Sehingga sistem *reflektor* menghasilkan lebih besar sebanyak 14 Watt.

Tabel 3. Rerata perbandingan pada sistem *tracking* dengan *reflector*

Waktu	Tegangan (V)		Arus (A)		Daya (W)	
	Tracking	Reflektor	Tracking	Reflektor	Tracking	Reflektor
09.00	18.65	13,02	0.791	0,74	14,752	9,6
09.30	18.45	13,44	0.674	1,19	12,435	15,9
10.00	18.75	14,22	0.750	2,62	14,063	37,2
10.30	18.33	14,48	0.801	2,66	14,682	38,5
11.00	18.79	14,94	0.828	2,50	15,558	37,3
11.30	19.08	16,11	0.836	2,63	15,951	42,3
12.00	19.00	17,37	0.843	2,77	16,017	48,1
12.30	18.99	18,15	0.892	2,87	16,939	52,0
13.00	19.06	14,48	0.910	0,63	17,345	9,1
13.30	18.92	14,65	0.899	0,86	17,001	12,5
14.00	18.83	16,86	0.860	1,41	16,194	23,7
14.30	19.00	17,68	0.841	2,00	15,979	35,3
15.00	19.06	17,25	0.792	1,31	15,096	22,5
Rerata	18.87	202.65	0.832	24.9	15.53	384

IV. SIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Sistem *tracking* panel surya merupakan sistem untuk mengoptimalkan output daya listrik panel surya dengan mengikuti arah gerak matahari. Untuk pengambilan data dari solar *tracking* adalah dengan
2. Tidak jauh berbeda dengan Sistem *tracking*, Sistem *reflector* panel surya juga merupakan sistem untuk mengoptimalkan output daya listrik panel surya dengan menambahkan cermin datar sebagai *reflector* yang pada sudut *reflektornya* dapat berubah setiap saat dan mempunyai korelasi terhadap tegangan dengan

membandingkan solar panel tanpa *tracking* dan solar panel *tracking*.

- kedua variasi sudut yaitu 60° dan 90° .
3. Dari analisa pengambilan data sample 3 hari dengan cuaca yang berbeda-beda, karena tipe sel surya yang digunakan analisa adalah polikristalin yang mempunyai daya serap lebih baik ketika mendung bila dibandingkan dengan tipe monokristalin. Dari analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengujian pada sel surya yang menggunakan sistem *tracking* mendapatkan rata-rata 15.53 Watt dan sistem *solar reflector* menghasilkan daya sebesar 29,53 Watt. Nilai rata-rata *solar reflector* lebih besar dibandingkan nilai rata-rata sistem *tracking*.

V. RUJUKAN

- [1] Aryza, Solly, et al. "Implementasi Teknologi Greenpeace Di Pembangkit Enery Solar Cell Pada Daerah Minim Cahaya." *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU*. Vol. 2. No. 1. 2019.
- [2] K.A.H.F.I As Habul. "Rancang Bangun Sistem Kendali Tracking Sinar Matahari Dengan Logika Fuzzy". *Doctoral dissertation*, UPT. Perpustakaan Unand. 2015.
- [3] I. Winarno, F. Wulandari. "Solar Tracking System Single Axis Pada Solar Sel Untuk Mengoptimalkan Daya Dengan Metode Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (Anfis)". *Prosiding Semnastek*. 2017.
- [4] Rusmaryadi, Heriyanto, T.P.O Sianipar, and H. Setiadi. "Pengaruh Cermin Reflektor Terhadap Daya Dan Kenaikkan Temperatur Sel Surya." *TURBULEN Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 1, No. 2. 2018.
- [5] Adiwana, M. Nur, and U.T. Kartini. "Desain Photovoltaic Dan Peramalan Jangka Pendek Radiasi Sinar Matahari Menggunakan Metode Feed-Forward Neural Network." *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*. Vol. 9. No. 1. 2020.
- [6] Boando, T. Hari, S. Winardi. "Rancang Bangun Prototipe Sistem Pelacak Matahari Menggunakan Arduino". *Jurnal FIKUN*. Surabaya. 2016.
- [7] Mundus, Ray, K. H. Khwee, and A. Hiendro. "Rancang Bangun Inverter Dengan Menggunakan Sumber Baterai DC 12V." *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*. Vol. 2, No. 1. 2010.
- [8] Dzulfikar, Dafi, and W. Broto. "Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga". *Prosiding Seminar Nasional Fisika (EJournal)*. Vol. 5. 2016.
- [9] Dela, R.Yenda. "Investigasi Titik Daya Maksimum Photovoltaic dengan Peningkatan Daya Guna Cahaya Matahari Secara Bertahap menggunakan Reflektor". *Diss. Universitas Andalas*, 2017.
- [10] Marpaung, Nasrun. "Perancangan Prototype Jemuran Pintar Berbasis Arduino Uno R3 Menggunakan Sensor LDR dan Sensor Air". *Riau Journal Of Computer Science*. Vol. 3. No. 2, Hal: 71-80. 2017.
- [11] Negara, I.B Kd Surya, I.W.A Wijaya, and A.A.Gd.M Pemayun. "Analisis Perbandingan Output Daya Listrik Panel Surya Sistem Tracking Dengan Solar Reflector". *Jurnal SPEKTRUM*. Vol. 3. No.1. Hal : 7-13. 2016.
- [12] Nugroho, R. Arif, M. Facta, and Yuningtyastuti. "Memaksimalkan Daya Keluaran Sel Surya Dengan Menggunakan Cermin Pemantul Sinar Matahari (Reflector)". *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*. Vol. 3. No. 3. Hal : 408-414. 2014.
- [13] Purwoto, B.Hari, et al. "Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif". *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*. Vol. 18. No. 1, Hal : 10-14. 2018.
- [14] R.W.P Hafid. "Hubungan Intensitas Cahaya Lampu Halogen Sebagai Input Panel Suryaterhadap Nilai Keluaran Panel Surya Jenis Monocrystalline Dan Polycrystalline". *Diss. Universitas Negeri Semarang*, 2017.
- [15] Setiawan, Arif, Yuningtyastuti, and S. Handoko. "Analisis Penggunaan Cermin Cekung, Cermin Datar, dan Kombinasi Cermin Cekung-Datar Untuk Meningkatkan Daya Keluaran pada Sel Surya." *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, Vol. 4. No. 4. Hal: 926-932. 2016.
- [16] Suryana, Deny. "Otomatisasi pada Panel Surya menggunakan Sistem Tracking Aktif Tipe Single-Axis." 2016.