

Implementasi *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) dengan topologi sepic pada pembangkit listrik tenaga surya

Oktriza Melfazen¹, M. Taqijuddin Alawiy², Denda Dewatama³
e-mail: ¹oktriza.melfazen@unisma.ac.id, ²taqijuddin.alawiy@unisma.ac.id,
³denda.dewatama@polinema.ac.id

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Malang

³ Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 20 September 2020

Direvisi 21 Oktober 2020

Diterbitkan 30 Oktober 2020

Kata kunci:

MPPT

Topologi SEPIC

PLTS

ABSTRAK

Terdapat rugi-rugi daya dalam proses menghasilkan daya pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) konvensional. Sehingga energi yang dihasilkan tidak terserap secara maksimal. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang didesain dalam penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan energi optimal dengan memanfaatkan kemampuan algoritma Maximum Power Point Tracking (MPPT) dengan metode Perturb and Obserb yang diaplikasikan pada topologi SEPIC. Pada penelitian ini, sistem menggunakan panel surya berjenis amorphous 60W, sensor arus ACS712, sensor tegangan berupa pembagi tegangan dan rangkaian converter dengan topologi SEPIC yang dikontrol mikrokontroler Arduino UNO dengan sistem MPPT. Hasil penelitian yang didapat sebagai berikut: penempatan panel surya yang baik adalah menghadap atas (tegak lurus dengan permukaan bumi, sensor arus bekerja dengan error rata-rata 1,92%, sensor tegangan mempunyai error rata-rata 2,76%, dan topologi SEPIC dengan MPPT mempunyai hasil daya rata-rata 26,13 W.

ABSTRACT

There are power losses in the process of generating power in conventional Solar Power Plants (PLTS). So that the energy produced is not absorbed to the fullest. The Solar Power Sistem designed in this study is expected to produce optimal energy by utilizing the ability of the Maximum Power Point Tracking (MPPT) algorithm with the Perturb and Obserb method applied to the SEPIC topology. The sistem built in this study uses a 60W amorphous type solar panel, ACS712 current sensor, a voltage sensor in the form of a voltage divider and a converter circuit with a SEPIC topology controlled by an Arduino UNO microcontroller with an MPPT sistem. The results obtained as follows: a good placement of solar panels is facing upward (perpendicular to the surface of the earth, current sensors work with an average error of 1.92%, voltage sensors have an average error of 2.76%, and SEPIC topology with MPPT has an average power yield of 26.13 W.

Keywords:

MPPT

SEPIC Topology

Solar Power Plants

Penulis Korespondensi:

Oktriza Melfazen

Jurusan Teknik Elektro,

Universitas Islam Malang,

Jl. Jl. Mayjen Haryono No.193, Malang, Jawa Timur, Indonesia.

Email: oktriza.melfazen@unisma.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai salah satu energi yang giat dikembangkan di Indonesia, karena sebagai negara tropis Indonesia memiliki potensi energi surya yang besar. Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya pada daerah Indonesia bagian barat sebesar 4.5 kWh/m²/hari sedangkan pada daerah Indonesia bagian timur sebesar 5.1 kWh/m²/hari. Pemerintah telah mengeluarkan roadmap pemanfaatan energi surya hingga tahun 2025 yakni sebesar 0.87 GW atau sekitar 50MWp/tahun. Jumlah ini merupakan gambaran potensi pasar yang cukup besar dalam pengembangan energi surya di masa datang [1].

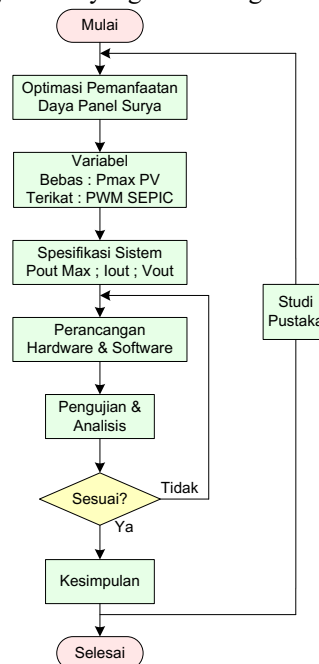
PLTS memiliki komponen utama berupa panel surya untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Dalam implementasinya, energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Dimana semakin tinggi intensitas matahari pada photovoltaic (PV) maka semakin besar arus yang dihasilkannya [2]. Energi dari PV telah menarik banyak perhatian pada beberapa tahun terakhir karena memenuhi persyaratan ramah lingkungan dan konservasi energy [3].

Ada beberapa kelemahan dari energy yang dihasilkan oleh panel surya yaitu irradiasi dan temperature pada permukaan panel yang berubah mengakibatkan tegangan *output* yang tidak berubah pula. Disisi lain, beban yang berubah mengakibatkan daya pada sumber tidak selalu berada pada nilai maksimumnya.

Berdasarkan permasalahan diatas, dibutuhkan suatu desain dimana terdapat pengontrol (*charge controller*) yang dapat mengatur daya *output* pada panel surya agar berada pada titik maksimalnya. *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) merupakan salah satu algoritma dari *charge controller* yang bekerja dengan cara mencari titik daya maksimum yang dihasilkan panel surya akibat perubahan suhu dan intensitas sinar matahari [4]. Dalam penelitian ini MPPT digunakan pada topologi rangkaian SEPIC (*Single-Ended Primary Inductor Converter*). SEPIC dipilih karena mempunyai beberapa kelebihan antara lain kemampuan menekan atau menurunkan ripple arus masukan lebih baik dari boost converter [5].

2. METODE PENELITIAN

Kerangka konsep penelitian bertujuan menjelaskan alur dalam penelitian yang akan dibuat yaitu studi literatur, mengumpulkan dan mempelajari data yang berhubungan dengan penelitian ini dalam Gambar 1.

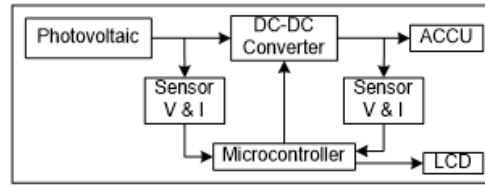


Gambar 1. Diagram alir penelitian

Variabel penelitian adalah nilai dari objek yang mempunyai variasi tertentu yang ditentukan peneliti untuk dipelajari dan ditarik kesimpulannya. Pada penelitian ini digunakan variabel penelitian sebagai berikut:

1. Variabel bebas : daya maksimal
2. Variabel terikat : PWM

Gambar 2 memperlihatkan diagram blok sistem optimasi daya PLTS dengan metode MPPT menggunakan topolgi SEPIC.



Gambar 2. Diagram blok

2.1. Panel Surya

Panel surya adalah suatu perangkat elektronik yang terdiri dari suatu sel yang terbuat dari bahan semikonduktor yang dapat melepas electron pada saat diberikan paparan cahaya sehingga menghasilkan daya listrik DC. Sehingga, selama cahaya menyinari bahan semikonduktor tersebut maka sel surya akan menghasilkan energi listrik, dan ketika cahaya berhenti menyinari, sel surya berhenti menghasilkan listrik [6] [7]. Pada penelitian ini digunakan panel surya yang digunakan berjenis amorphous diproduksi oleh Topray Solar (EUROPE) GMBH dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 1. Spesifikasi panel surya

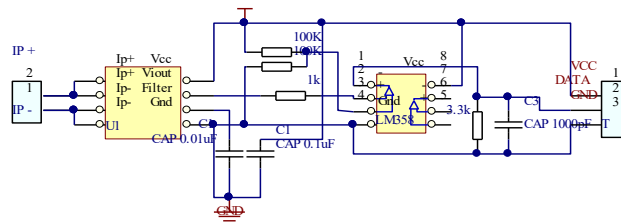
Model	422797/TPS-204
Maximum	60W(±5%)
Rated Voltage (Vmp)	17,5 V
Rated Current (Imp)	3,4 A
Open Circuit	22V
Short Circuit	4,2A
Test Contidion	AM1,5 ; 1000W/m ² ; 25 ^o C

Persamaan eksponensial untuk memodelkan sel surya diturunkan dari hukum fisika untuk pn junction dan secara umum diterima sebagai representasi karakteristik sel ditunjukkan oleh persamaan berikut [6].

$$I = I_{ph} - I_s \left(\exp \frac{q \cdot (V + I \cdot R_s)}{N \cdot k \cdot T} - 1 \right) - \frac{(V + I \cdot R_s)}{R_{sh}} \tag{1}$$

2.2. Sensor Arus

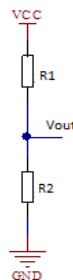
Perancangan rangkaian sensor arus ditujukan untuk proses perolehan data arus dari pengisian aki. Sensor arus menggunakan IC ACS712 dengan maksimum arus yang dapat diterima oleh sensor adalah 5A dan sensitivitas 185 mV/A [8].



Gambar 3. Rangkaian Sensor Arus

2.3. Sensor Tegangan

Perancangan sensor tegangan ini digunakan untuk mengukur besarnya tegangan keluaran dari sel surya dan tegangan keluaran dari konverter. Sensor tegangan yang digunakan adalah suatu rangkaian pembagi tegangan [9][10].



Gambar 4. Rangkaian Pembagi Tegangan

Dari gambar rangkaian pembagi tegangan diatas, dapat diperoleh persamaan:

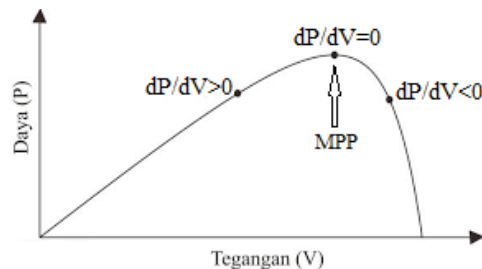
$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in} \quad (2)$$

Data yang diterima dari sensor tegangan ini akan dibaca oleh ADC pada Arduino uno, sedangkan kemampuan pembacaan tegangan arduino adalah 0 V – 5 V, oleh karena itu digunakan rangkaian pembagi tegangan.

- Sensor tegangan keluaran panel surya (range 0 – 25 V)
R1 ditentukan dengan nilai 10 k Ω , tegangan *input* 25 V dan nilai tegangan *output* 5 V, sehingga didapat R2 = 2500 Ω .
- Sensor tegangan keluaran converter (range 0 – 15 V).
R1 ditentukan dengan nilai 10 k Ω , tegangan *input* 15V dan nilai tegangan *output* 5 Volt, sehingga didapat R2 = 5000 Ω .

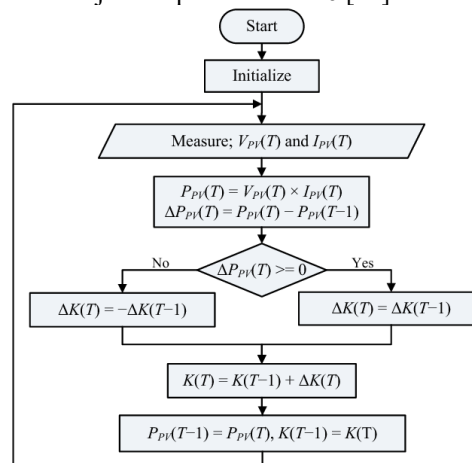
2.4. Maximum Power Point Tracker (MPPT)

Karakteristik PV yang non-linier dan sangat dipengaruhi oleh radiasi sinar matahari, temperatur dan kondisi pembebanan tersebut, perlu sebuah algoritma untuk mencari titik daya maksimum (MPP) dan menjaga pada titik kerjanya. Terdapat beberapa cara untuk menjejak titik daya maksimum antara lain *Perturb and Observe* (P&O). P&O disebut juga dengan metode hill climbing yang mengacu pada karakteristik V-P dari sel surya. Seperti pada Gambar 2, terdapat 3 jenis titik yang berada pada 3 posisi. Di sebelah kiri puncak $dP/dV > 0$, dipuncak kurva $dP/dV = 0$ dan di sebelah kanan puncak $dP/dV < 0$ [11][12].



Gambar 5. Posisi dP/dV yang berbeda pada kurva daya Sel Surya [6]

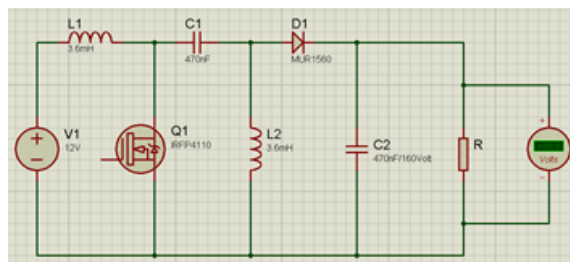
Flowchart dari algoritma P&O ditunjukkan pada Gambar 6 [12].



Gambar 6. Diagram Alir MPPT Algoritma P&O

2.5. SEPIC Converter

Konverter topologi *the single-ended primary-inductor converter* (SEPIC) merupakan pengembangan dari konverter topologi *cuk converter* [13]. Konverter topologi SEPIC dapat bekerja menaikkan dan menurunkan tegangan keluaran tanpa adanya pembalikan polaritas tegangan keluaran terhadap tegangan masukannya [14][15].



Gambar 7. Topologi SEPIC

Berdasarkan pada hasil pengukuran tegangan keluaran minimum pada PV dan tegangan yang dibutuhkan oleh beban (AKI) maka ditentukan parameter perancangan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Perancangan Konverter SEPIC

PARAMETER	NILAI
Tegangan masukan (Vin min)	20V
Tegangan keluaran	14V
Frekuensi	20kHz
Duty cycle	5-65%
Ripple tegangan	0.1V
Arus	2A

Berdasarkan parameter yang digunakan pada tabel 1, tahap selanjutnya menentukan nilai serta jenis komponen yang akan dipakai dalam perancangan Konverter SEPIC [13]. Langkah-langkah untuk menentukan komponen yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan nilai ΔI_L

$$\Delta I_L = I_{out} \times \frac{V_{out}}{V_{in}} \times 40\%$$

$$\Delta I_L = 2 \times \frac{14}{20} \times 40\% = 0,56 \text{ A}$$

2. Menentukan Nilai Dan Jenis Induktor Berdasarkan persamaan 2.6 maka nilai induktor dapat ditentukan sebagai berikut :

$$L1 = L2 = L = \frac{V_{in} \times D}{\Delta I_L \times F} = \frac{20 \times 0,65}{0,56 \times 20.000} = 0,00116\text{H} = 1,16\text{mH}$$

3. Menentukan nilai kapasitor

$$C = \frac{I_{out} \times D}{V_{rip} \times 0,5 \times \text{Freq}} = \frac{2 \times 0,65}{0,1 \times 0,5 \times 20.000} = 0,0013 = 1300\mu\text{F}$$

Oleh karena itu digunakan kapasitor 1500µF

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Panel Surya

Pengujian dilakukan untuk menentukan arah hadap yang tepat pada panel surya. Pengujian dilakukan di Kota Malang pada bulan Desember 2019. Ada 5 model sudut yang digunakan dalam variable penelitian ini, yaitu:

- -20° = 20° menghadap barat
- -10° = 10° menghadap barat
- 0° = menghadap atas
- 10° = 10° menghadap timur
- 20° = 20° menghadap timur

Tabel 2. Data Tegangan Keluaran Solar Panel terhadap Waktu (Kondisi Uji: Tegangan Open Loop)

JAM	POSISI				
	-20 ^o	-10 ^o	0 ^o	10 ^o	20 ^o
07.00	21,3	22,2	22,8	23,3	23,5
08.00	22,8	23,4	23,6	23,8	24,0
09.00	23,6	23,9	24,0	24,1	24,2
10.00	23,8	24,1	24,6	24,4	24,1
11.00	23,2	23,4	24,0	23,8	23,6
12.00	24,1	24,3	24,8	24,6	24,4
13.00	24,0	24,2	24,7	24,5	24,2
14.00	23,5	23,8	23,6	22,6	22,2
15.00	24,5	24,4	24,4	24,2	24,0
16.00	23,7	23,6	23,2	22,6	22,0
17.00	22,8	23,0	22,6	22,2	21,7
Rerata	23,4	23,7	23,8	23,6	23,5

Data yang tertera di atas memperlihatkan bahwa solar panel memberi hasil optimal saat menghadap ke arah atas (sejajar dengan permukaan bumi).

3.2. Pengujian Sensor Arus

Hasil pengujian Sensor Arus terlihat dalam tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Arus

Alat (A)	Multimeter (A)	Error (%)
0.28	0.3	6.6
0.42	0.4	5,0
0.52	0.5	4,0
0.62	0.61	1.6
0.72	0.7	2.8
0.82	0.82	0,0
0.92	0.91	1.1
1.02	1.02	0,0
1.52	1.51	0.6
2.01	2.02	0.5
2.50	2.50	0,0
2.99	3.07	2.6
3.48	3.53	1.4
4.02	4.10	1.9
	Rata-rata Error	1,92 %
	Standar Deviasi	1,75

Dari data yang ditampilkan di Tabel 3 diketahui sensor arus dapat bekerja sesuai dengan perancangan dengan error rata-rata 1,92 % dan standard deviasi 1,75.

3.3. Pengujian Sensor Tegangan

Hasil pengujian Sensor Tegangan terlihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Tegangan

Alat (V)	Multimeter (V)	Error (%)
1.05	1.07	1.87
2.14	2.05	4.39
3.19	3.07	3.91
4.19	4.05	3.45
5.09	5.06	0.59
6.18	6.02	2.65
7.23	7.03	2.84
8.58	8.05	6.58
9.49	9.05	4.86

Alat (V)	Multimeter (V)	Error (%)
10.37	10.03	3.39
11.10	11.09	0.09
12.12	12.06	0.49
13.44	13.08	2.75
14.64k	14.20	3.09
Rata-rata Error		2.76 %
Standar Deviasi		1.72

Dari data yang ditampilkan di Tabel 4 diketahui sensor tegangan dapat bekerja sesuai dengan perancangan dengan error rata-rata 2,76 % dengan standar deviasi 1,72.

3.4. Pengujian Rangkaian SEPIC

Pengujian SEPIC digunakan untuk mengetahui apakah sistem dapat melakukan konversi tegangan dc dengan acuan tegangan keluaran yang konstan (14 volt) dengan tegangan input dan PWM yang berubah. Hasil dari pengujian rangkaian SEPIC dapat dilihat dalam Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Pengujian rangkaian SEPIC

NO	Vin	PWM	Vout
1	22	33	11.85
2	22	34	12.00
3	22	35	12.40
4	22	36	12.80
5	22	37	13.15
6	22	38	13.50
7	22	39	13.85
8	22	40	14.25
9	22	41	14.70
10	22	42	15.10

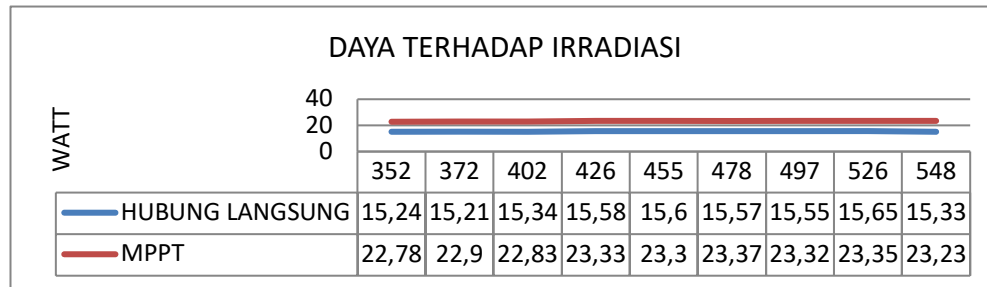
Dari data yang ditampilkan di Tabel 5, rangkaian SEPIC dapat bekerja dengan baik. Hal ini dapat dilihat bahwa dengan masukan konstan dan nilai PWM yang berubah dapat menghasilkan tegangan keluaran yang berubah. .

3.5. Pengujian Sistem

Pada pengujian sistem dilakukan pengambilan data yang dilakukan pada sistem konvensional dan sistem yang terhubung dengan MPPT. Kondisi pengujian adalah beban yang diberikan pada sistem adalah beban resistif sebesar 25 Ω . Hasil pengujian sistem secara keseluruhan dapat dilihat dalam Tabel 6 dan Gambar 8 di bawah ini.

Tabel 7. Pengujian Sistem

NO	IRADIASI (W/m ²)	DAYA (WATT)	
		HUBUNG LANGSUNG	MPPT
1	352	15.24	22.78
2	372	15.21	22.90
3	402	15.34	22.83
4	426	15.58	23.33
5	455	15.60	23.30
6	478	15.57	23.37
7	497	15.55	23.32
8	526	15.65	23.35
9	548	15.33	23.23
RATA-RATA		15.45	23.16
STANDAR DEVIASI		0.16	0.23



Gambar 8. Hasil pengujian sistem

Data pengujian yang tertera pada Tabel 7 dan grafik pada Gambar 8 memperlihatkan bahwa pengujian dapat berjalan dengan baik dan memberikan hasil sesuai yang diharapkan pada perancangan. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dibangun tanpa menggunakan metode MPPT (sistem hubung langsung) hanya dapat menghasilkan daya sebesar 15,45 W. Sedangkan sistem PLTS dengan menggunakan metode optimasi daya *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) algoritma *Perturb & Obserb* (P&O) mendapatkan daya keluaran yang lebih baik dengan rerata daya yang dihasilkan sebesar 23,16 W.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu : sensor arus bekerja dengan eror rata-rata 1,92%, sensor tegangan mempunyai eror rata-rata 2,76%. Optimasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Surya dapat dicapai dengan mengimplementasikan *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) algoritma P&O dengan tegangan maksimum sebesar 14 V menggunakan rangkaian converter DC-DC topologi SEPIC, sesuai spesifikasi yang ditetapkan. Rata-rata daya yang dapat dihasilkan oleh MPPT algoritma P&O pada rangkaian SEPIC sebesar 23,16 W.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Raharjo. Irawan, Analisis Potensi Pembangkit Tenaga Surya di Indonesia. 2013. http://www.oocities.org/markal_bppt/publish/pltkcl/plrahard.pdf
- [2] R. E. Gouri, M. B. Brahim, and L. Hlou, "A Comparative Study of MPPT Thecnical Based on Fuzzy Logic and Perturb Observe Algorithms for Photovoltaic Sitem", *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, Vol. 58, No. 2, December 20, 2013, pp. 336.
- [3] D. Bawa, and C. Y. Patil, "Fuzzy Control Based Solar Tracker using Arduino Uno", *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, Vol.2, 2013, pp. 179-182.
- [4] B. Azmi, J. Abner, Prasepvianto E. B., dan H. Seputra, Preview Perbandingan Teknik Maximum Power Point Tracker (MPPT) untuk Sistem Pengisian Daya menggunakan Sel Surya, *Jurnal Teknologi Dirgantara* Vol. 16 No.2, Desember 2018, hal 111-122.
- [5] M. R. Banaei, M.R. Shirinabady, and Mehdi Mirzaey, "MPPT Control of Photovoltaic Using SEPIC Converter to Reduce the *input* Current Ripples", *Journal of Engineering Research and Applications*, Vol. 4, No. 2, 2014, pp. 165-166.
- [6] Hegedeus, S. & Luque, A. *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. West Sussex: John Wiley & Sons, 2003.
- [7] Nema, S., Nema, R.K., & Aghnihotri, G. Matlab Simulink Based Study of Photovoltaic Cells Modules Array and Their Experimental Verification. *International Journal of Energy and Environment*. 1 (3), 2010, 487-500.
- [8] Datasheet, ACS712, Allegro MicroSistem, Inc. 2016.
- [9] Edminister, J.A., diterjemahkan Pakpahan, S. *Rangkaian Listrik*, Jakarta: Erlangga, 1990.
- [10] Johnson, C., *Process Control Instrumentation Technology*, New Delhi : Prentice Hall of India, 1997.
- [11] P. Midya, P. T. Krein, R. J. Turnbull, R. Reppa, and J. Kimball. "Dynamic maximum power point tracker for photovoltaic applications", 2003.27th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference
- [12] Chaieb and Sakly, H. Chaieb, A. Sakly A novel MPPT method for photovoltaic application under partial shaded conditions *Sol. Energy*, 159, 2018, pp. 291-299, 10.1016/J.SOLENER.2017.11.001
- [13] T. Bhavin, B. Patel, J. Desai, dan K. Sonwane, Analysis of SEPIC Converter, *IJEDR* 2018, Volume 6, Issue 2, ISSN: 2321-9939.
- [14] J. Joseph, "Design and Implementation of SEPIC Converter Based PV Sistem Using Modified Increment al Conductance Algorithm," pp. 3–8, 2016.
- [15] D. Bing dan Wei Gu, "Design SEPIC converter," *National Semiconductor Applications Note*, pp. 1-7, 30 April 2008.