

Photovoltaic Maksimum Power Point Tracking (MPPT) Berbasis Fuzzy logic Kontroler Pada Konverter Sepic

Ina Rahmawati Putri¹, Donny Radianto², Herwandi³

e-mail: inarahmawatiputri24@gmail.com, donny.radianto@polinema.ac.id, herwandi@polinema.ac.id

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 8 November 2022

Direvisi 18 Januari 2023

Diterbitkan 31 Mei 2023

Kata kunci:

Arduino Uno R3

Fuzzy logic

Konverter SEPIC

Photovoltaic

Keywords:

Arduino Uno R3

Fuzzy logic

Photovoltaic

SEPIC Converter

Penulis Korespondensi:

Ina Rahmawati Putri,

Jurusan Teknik Elektro,

Politeknik Negeri Malang,

Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia, Kode Pos. 65141.

Email: inarahmawatiputri24@gmail.com

Nomor HP/WA aktif: +6282231122266

ABSTRAK

Photovoltaic memiliki tegangan yang tidak stabil dikarenakan intensitas cahaya matahari yang selalu berubah setiap waktu dan dipengaruhi oleh cuaca yang selalu berubah. Sebuah konverter mampu mengkonversi *input* tegangan DC dinaikan atau diturunkan nilai tegangan keluarannya. Ada beberapa jenis rangkaian konverter salah satunya adalah rangkaian dengan konfigurasi penaik sekaligus penurun tegangan yaitu konverter SEPIC. Oleh karena itu penulis membuat konverter sepic dengan metode *fuzzy logic* kontrol. Konverter ini menggunakan mikrokontroler arduino uno R3 yang akan memproses tegangan dan arus keluaran *photovoltaic* sebagai *input* yang nantinya akan diproses menjadi sinyal PWM. Metode fuzzy logic kontrol pada konverter SEPIC ini digunakan untuk mendapatkan kestabilan tegangan keluaran untuk pengisian aki. Pada pengujian ini konverter sepic menunjukkan kinerja yang baik, yaitu dengan menghasilkan tegangan output stabil pada kisaran *setpoint* 14V. Sedangkan durasi pengisian aki yaitu 1 jam 40 menit dengan teganan sebelum pengisian sebesar 11,4 V dan tegangan ketika aki penuh sebesar 13,8 V. Pada saat proses pengisian aki, tegangan akan bertambah dan arus akan semakin kecil ketika aki penuh.

ABSTRACT

Photovoltaic has an unstable voltage due to the intensity of sunlight that changes every time and is influenced by the ever-changing weather. A converter is capable of converting the DC input voltage up or down the output voltage value. There are several types of converter circuits, one of which is a circuit with a voltage up and down configuration, the sepic converter. Therefore, the author makes a SEPIC converter with a fuzzy logic control method. It uses an Arduino Uno R3 microcontroller that process the voltage and photovoltaic output current which eventually will be used as an input that process into a PWM signal. The fuzzy logic control method in the sepic converter is used to obtain a stable output voltage in charging the battery. In this test, the SEPIC converter presented good performance by producing a stable output voltage in the 14V set point range, while the duration of charging the battery is 1 hour 40 minutes with 11.4 voltages before charging and 13.8 voltages when the battery is full. During the battery charging process, the voltage will increase and the current will be smaller when the battery is full.



1. PENDAHULUAN

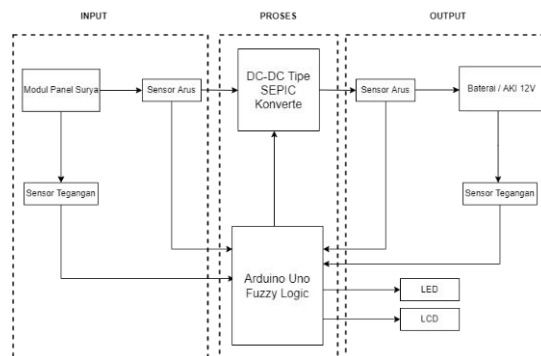
Energi Listrik merupakan kebutuhan penting untuk kelangsungan hidup suatu negara dan *input* penting Bergeraknya roda perekonomian suatu negara. Dari aktivitas perekonomian ini, kemudian akan dihasilkan *output* (barang dan jasa) yang merupakan parameter penting dalam mengukur kinerja perekonomian suatu negara melalui pertumbuhan ekonomi. Oleh karena itu, ketersediaan dan konsumsi energi listrik merupakan kunci dalam proses pertumbuhan ekonomi. Ketersediaan energi yang berkesinambungan dan ramah lingkungan merupakan hal yang fundamental dalam mendukung perkembangan ekonomi suatu bangsa.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral mencatat angka konsumsi listrik per kapita di Indonesia mencapai 1.109-kilowatt jam (kWh) sampai September 2021. Konsumsi listrik per kapita 92,2% karena kami mentargetkan 1.203kWh per kapita, sekarang baru mencapai 1.09kWh per kapita. Sedangkan indikasi ekonomi yang telah pulih terlihat dengan pertumbuhan konsumsi listrik di sector industri yang mencapai 10,63% atau sebesar 58,04 TWh dan memiliki pangsa sebesar 30,91% dari total konsumsi listrik. Hal ini menjadikan sector industri sebagai urutan kedua tertinggi setelah sector rumah tangga yang memiliki pangsa sebesar 46% dengan konsumsi listrik sebesar 85,43 TWh. (Direktur Jendral Ketenagalistrikan Kementerian ESDM).

Dari konsumsi energi yang banyak dibutuhkan sehari-hari, terdapat pula energi terbarukan yang bermanfaat untuk kebutuhan sehari-hari. Energi terbarukan ini di dapatkan dari *photovoltaic* atau panel surya. *Photovoltaic* bisa dijadikan pilihan sebagai pembangkit listrik dengan membutuhkan konversi dari cahaya matahari menjadi listrik. Namun sebuah *photovoltaic* tidak dapat dihubungkan langsung dengan beban dikarenakan adanya tegangan yang tidak stabil. Irradiasi dari cahaya mempengaruhi tegangan dan daya dari *photovoltaic*. Maka, dalam penelitian ini diterapkan proses konverter berjenis sepic dengan metode *fuzzy logic* kontrol yang berfungsi untuk mengatur nilai *duty cycle* pada keluaran sepic converter agar menghasilkan tegangan keluaran yang stabil. Terdapat pula baterai sebagai tempat menyimpan daya dari *photovoltaic*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Blok



Gambar 1: Diagram Blok

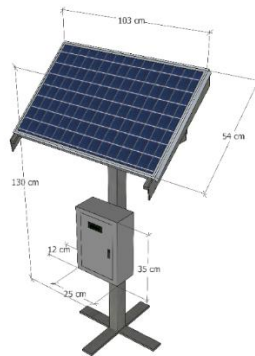
Pada Gambar 1 blok diagram diatas, dimana *input* dari system ini adalah panel surya. Panel surya memiliki tegangan yang berubah ubah sesuai dengan kondisi sinar matahari dan beban yang diterima panel surya. Panel surya yang digunakan pada sistem ini berjenis *monocrystalline* 100WP dengan range tegangan 17.8V - 21.8 V dan arus sebesar 6.05 A. Terdapat sensor arus dan tegangan untuk mengetahui besar dari arus dan tegangan dari *output* panel surya. Ketika tegangan keluaran tersebut kurang atau lebih dari 14 V maka system MPPT akan berkerja sebagai sepic converter untuk menurunkan nilai tegangannya sebesar 14 V, dengan mengubah dari besarnya *duty cycle* dimana *duty cycle* diatur oleh sebuah kontrol yang berupa Arduino UNO R3 melalui PWM. Di dalam Arduino ini terdapat metode *fuzzy logic* sebagai kontrol. Tegangan yang di hasilkan dari proses sepic konverter merupakan tegangan masukan menuju proses pengisian aki 12V 7Ah. Sedangkan LCD merupakan *output display* berupa tegangan *input*, arus *input*, daya *input*, tegangan *output*, arus *output*, daya *output*. Terdapat LED yang berfungsi sebagai indikator pengisian aki.



2.2 Perancangan Mekanik

Pada Gambar 2. terdapat perancangan mekanik meliputi desain tiang penyangga *photovoltaic* dan desain panel box. Spesifikasi dari perancangan mekanik antara lain:

- a. Desain Tiang Penyangga
 - Panjang penyangga PV : 103 cm
 - Lebar penyangga PV : 54 cm
 - Tinggi Penyangga : 130 cm
- b. Desain Panel Box
 - Panjang : 25 cm
 - Lebar : 12 cm
 - Tinggi : 35 cm



Gambar 2: Desain Mekanik Tiang Penyangga dan Panel Box

2.3 Perancangan Konverter Sepic

Photovoltaic memiliki tegangan yang tidak stabil dikarenakan intensitas cahaya matahari yang selalu berubah setiap waktu. Hal tersebut dikarenakan terdapat pengaruh dari cuaca yang selalu berubah, maka diperlukan sebuah konverter untuk menyetabilkan tegangan. Adapun spesifikasi dari *photovoltaic* dapat dilihat pada Tabel I.

Konverter sepic mampu mengkonversi *input* tegangan DC sebagai penaik atau penurun tegangan *output*. Dengan menggunakan metode fuzzy logic kontrol dan menentukan *setpoint* maka tegangan akan lebih stabil untuk proses pengisian aki. Adapun parameter dari konverter sepic dapat dilihat pada Tabel II dan gambar rangkaian sepic dapat dilihat pada Gambar 3. Sedangkan untuk penentuan konverter sepic dapat dilihat pada persamaan (1) – (11).

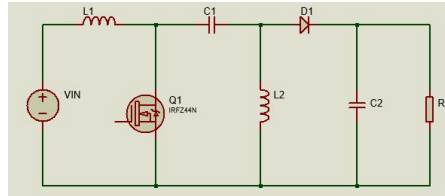
TABEL I: SPESIFIKASI *PHOTOVOLTAIC* 100WP *MONOCRYSTALLINE*

Spesifikasi	Nilai
<i>Model</i>	SP100-18M
<i>Maximum Power</i> (P.Max)	100-Watt Peak
<i>Type Cell</i>	<i>Monocrystalline</i>
<i>Voltage at P. Max</i> (Vmp)	17.8 V
<i>Current at P.Max</i> (Imp)	5.62 A
<i>Short Circuit Current</i> (Isc)	6.05 A
<i>Open Circuit Voltage</i> (Voc)	21.8 V
<i>Maximum System</i> <i>Voltage</i>	1000Vdc



TABEL II: PARAMETER SEPIC KONVERTER

Spesifikasi	Nilai
Tegangan Masukan	15 V – 24 V
Tegangan Keluaran	14 V
Arus Keluaran	2A
Frekuensi	1 KHz



Gambar 3: Rangkaian Konverter Sepic

a. Perhitungan *duty cycle*

$$D = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in} + V_{out} + V_D} \tag{1}$$

$$D_{(max)} = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in\ min} + V_{out} + V_D} = \frac{14 + 0.7}{15 + 14 + 0.7} = 0.49 = 49\%$$

$$D_{(min)} = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in\ max} + V_{out} + V_D} = \frac{14 + 0.7}{24 + 14 + 0.7} = 0.37 = 37\%$$

b. Menentukan tegangan *output* minimum dan maksimum Nilai V_{in} diambil tanganan sample dari tegangan rata-rata V_{in} (max) dan V_{in} (min) yaitu 20 V.

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times D}{1 - D} \tag{2}$$

$$V_{out(min)} = \frac{V_{in} \times D_{min}}{1 - D_{min}} = \frac{20 \times 0.37}{1 - 0.37} = 11.74\text{ V}$$

$$V_{out(max)} = \frac{V_{in} \times D_{max}}{1 - D_{max}} = \frac{20 \times 0.49}{1 - 0.49} = 15.55\text{ V}$$

c. Pemilihan induktor

Arus Ripple

$$\Delta I_L = I_{out} \times \frac{V_{out}}{V_{in(min)}} \times 40\% \tag{3}$$

$$\Delta I_L = 2 \times \frac{14}{15} \times 40\% = 0.74\text{ A}$$

Arus puncak L1

$$IL1(peak) = I_{out} \times \frac{V_{out} + V_D}{V_{in(min)}} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right) \tag{4}$$

$$IL1(peak) = 2 \times \frac{14 + 0.7}{15} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right) = 2.35\text{ A}$$

Arus puncak L2

$$IL2(peak) = I_{out} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right) \tag{5}$$

$$IL2(peak) = 2 \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right) = 2.4\text{ A}$$

Induktansi

$$L = L1 = L2 = \frac{V_{in(min)} \times D_{max}}{\Delta I_L \times f} \tag{6}$$

$$L = L1 = L2 = \frac{14 \times 0.49}{0.74 \times 1000} = 0,927\ \mu\text{H}$$

Besar induktor $\geq 0,9\ \mu\text{H}$. Sedangkan besar induktor yang digunakan minimal 25% lebih besar dari nilai perhitungan yaitu $100\ \mu\text{H}$. Pada penelitian ini jenis induktor yang digunakan digunakan yaitu *torroidal core inductor* atau inti yang berbentuk *O Ring* (bentuk donat).

d. Pemilihan MOSFET

$$IQ1(peak) = IL1(peak) + IL2(peak) \tag{7}$$



$$Q1(\text{peak}) = 2.35 + 2.4 = 4.75 \text{ A}$$

Arus rms

$$IQ1(\text{rms}) = I_{out} * \sqrt{\frac{V_{out} + V_{in(\min)} + V_D * (V_{out} + V_D)}{V_{in}^2}} \tag{8}$$

$$1(\text{rms}) = 2 * \sqrt{\frac{14 + 15 + 0.5 * (14 + 0.5)}{15^2}} = 2.75 \text{ A}$$

Batas tegangan maksimal $V_{in} + V_{out} = 15 + 14 = 29 \text{ V}$. Berdasarkan hasil perhitungan arus puncak dan arus rms serta tegangan maksimal. Maka dipilih MOSFET dengan tipe *N-channel* yaitu IRFZ44. MOSFET ini sesuai karena memiliki V_{ds} maksimal 55 V (lebih besar dari batas tegangan), dengan I_{ds} maksimal 49 A, serta memiliki R_{ds} yang kecil yaitu sebesar 0,175 ohm. Pemilihan R_{ds} yang semakin kecil akan meminimalisir besar daya losses pada MOSFET.

e. Pemilihan Kapasitor

Tegangan ripple diasumsikan 2% dari tegangan *output*

$$V_{ripple} = 2\% \times 14\text{V} = 0.28 \text{ V} \tag{9}$$

$$C = \frac{I_{out} \times D_{min}}{V_{ripple} \times V_D \times f} \tag{10}$$

$$C = \frac{2 \times 0.37}{0.28 \times 0.5 \times 1000} = 5,2 \mu\text{F}$$

Dengan adanya perhitungan kapasitor yang menghasilkan 5,2 μF . Maka digunakan kapasitor 10 μF yang terdapat dipasaran.

f. Pemilihan Dioda

Untuk menentukan diode diperlukan tegangan minimum tegangan *reverse*.

$$V_{RD} = V_{in(\max)} + V_{out(\max)} \tag{11}$$

$$V_{RD} = 24 + 15.55 = 39.55 \text{ V}$$

2.5 Perancangan Sensor Tegangan

Sensor tegangan dibangun dari rangkaian pembagi tegangan. Pada penelitian ini sensor tegangan dilakukan dengan cara menyusun resistor secara seri. Rangkaian pembagi tegangan ini menggunakan resistor 10 k Ω dan resistor 2k Ω . Perhitungan untuk pembagi tegangan dapat dilihat dari persamaan (12).

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times R_2}{(R_1 + R_2)} \tag{12}$$

Dimana, $V_{out} = 5$; $V_{in} = 30 \text{ volt}$; $R_1 = 10\text{k}\Omega$

$$5 = \frac{30 \times R_2}{(10\text{k}\Omega + R_2)}$$

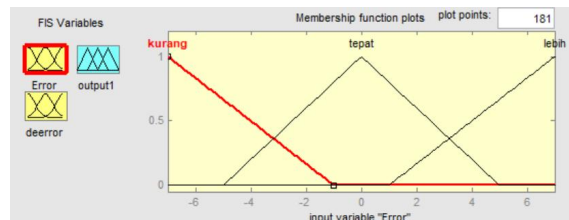
$$5(10\text{k}\Omega + R_2) = 30 \times R_2$$

$$50\text{k}\Omega + 5R_2 = 30R_2$$

$$R_2 = \frac{50\text{k}\Omega}{25} = 2\text{k}\Omega$$

2.6 Perancangan Kontrol Logika Fuzzy

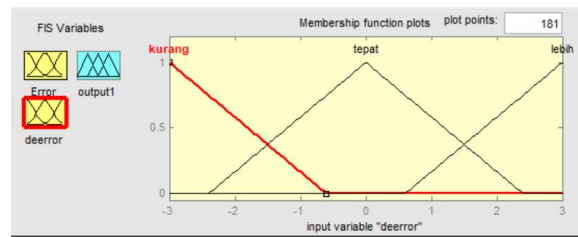
Pada Gambar 4 terdapat tiga *membership function* pada *input error* yaitu kurang, tepat, lebih. *Error* merupakan selisih tegangan terukur dari sensor tegangan dengan tegangan referensi.



Gambar 4: *Membership function Input Error* Konverter Sepic

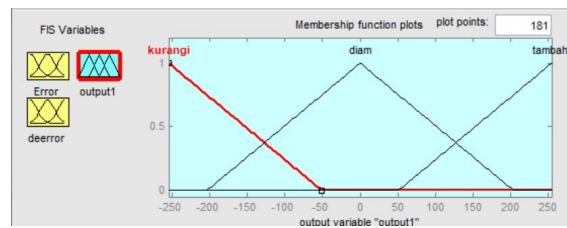


Pada Gambar 5 terdapat tiga *membership function* pada *input delta error* yaitu kurang, tepat, lebih. *Delta error* merupakan selisih antara nilai *error* (E) tersebut dengan nilai *error* sebelumnya.



Gambar 5: *Membership function Input Delta error* Konverter Sepic

Pada Gambar 6 terdapat tiga *membership function* pada *output* yang merupakan PWM yaitu kurangi, diam, tambah.



Gambar 6: *Membership function output PWM* Konverter Sepic

Pada Tabel III terdapat rule base yang merupakan tahap pemetaan nilai derajat keanggotaan dari masing masing *error* dan *delta error*. Gambar 7 merupakan implikasi minimum konverter sepic.

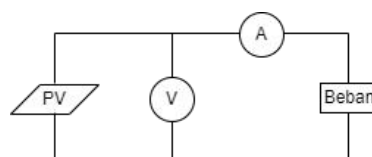
TABEL III: RULE BASE

E/DE	Kurang	Tepat	Lebih
Kurang	Kurang	Kurang	Lebih
Tepat	Kurang	Tepat	Lebih
Lebih	Kurang	Lebih	Lebih

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Panel Surya

Pengukuran tegangan dan arus panel surya ini diukur dengan menggunakan multimeter dengan beban rheostat 20Ω. Rangkaian pengujian panel surya ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7: Rangkaian Pengujian Panel Surya

TABEL IV: PENGUJIAN TEGANGAN DAN ARUS PADA PANEL SURYA

Waktu	Multimeter	
	Tegangan	Arus
08.00	19,3 V	1,18 A
08.30	19,7 V	1,20 A



09.00	20,3 V	1,23 A
09.30	20,8 V	1,50 A
10.00	21,1 V	1,54 A
10.30	21,2 V	1,53 A
11.00	21,3 V	1,56 A
11.30	21,2 V	1,55 A
12.00	21,2 V	1,55 A
12.30	19,3 V	1,39 A
13.00	20,3 V	1,47 A
13.30	21,3 V	1,56 A
14.00	20,6 V	1,40 A
14.30	20,5 V	1,35 A
15.00	20,1 V	1,25 A
15.30	19,5 V	1,19 A
16.00	18,8 V	1,13 A

Pada Tabel IV terlihat pada saat jam 11.00 tegangan dan arus terukur sebesar 21,3 V dan 1,56 A dan dapat dikategorikan dalam keadaan maksimal. Sedangkan pada saat jam 11.30 sampai jam 12.00 tegangan dan arus turun sebesar 0,01 V dan 0,01 A yaitu 21,2 V dan 1,55 A. Pada pengujian ini juga dapat diketahui bahwa arus dan tegangan pada panel surya berbanding lurus. Ketika tegangan pada panel surya tinggi maka arus panel surya juga tinggi. Begitu juga sebaliknya, saat tegangan panel surya turun maka arus panel surya juga turun.

3.2 Pengujian Keseluruhan Konverter Sepic dengan Panel Surya

TABEL V: PENGUJIAN KESELURUHAN 2 AGUSTUS 2022

Waktu	Tegangan Input (V)	Arus Input (A)	Daya Input (W)	Tegangan Output (V)	Arus Output (A)	Daya Output (W)
09.00	19,2	1,23	23,6	13,7	1,66	22,7
10.00	19,7	1,57	30,9	13,9	1,85	25,7
11.00	20,4	1,66	33,8	14	2,05	28,7
12.00	21,6	1,83	39,5	14,2	2,15	30,5
13.00	21,3	1,71	36,4	14,1	2,07	29,1
14.00	20,5	1,58	32,3	14	1,92	26,8
15.00	19,8	1,47	29,1	13,8	1,75	24,1

Pada Tabel V dapat dilihat bahwa tegangan *input* maksimal dihasilkan pada jam 12.00 yaitu sebesar 21,6 V. Sedangkan tegangan *output* pada kisaran 13,7 V hingga 14,2 V. Pada jam 12.00 diperoleh *input* daya maksimal sebesar 39,5 V, sedangkan pada jam 12.00 diperoleh *output* daya maksimal sebesar 30,5V.

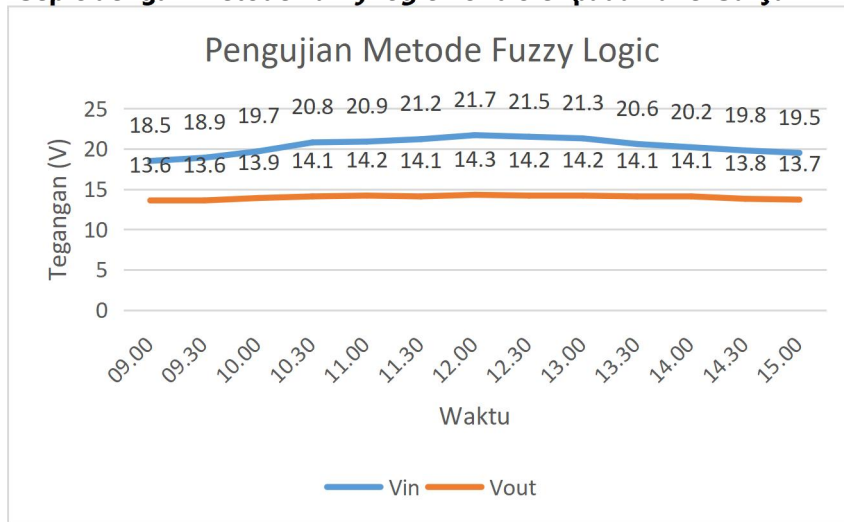
TABEL VI: PENGUJIAN KESELURUHAN 3 AGUSTUS 2022

Waktu	Tegangan Input (V)	Arus Input (A)	Daya Input (W)	Tegangan Output (V)	Arus Output (A)	Daya Output (W)
09.00	20,3	1,55	31,4	13,9	2,43	33,8
10.00	21,9	1,91	41,8	14	2,57	35,9
11.00	22,1	2,54	56,1	14,2	2,45	34,7
12.00	22,3	2,64	58,8	14,2	1,77	25,1
13.00	21,8	2,24	48,8	14,1	1,59	22,4
14.00	20,7	1,60	33,1	14	1,16	16,2
15.00	19,2	1,21	23,2	13,8	1,07	14,7



Pada Tabel VI dapat dilihat bahwa tegangan *input* maksimal dihasilkan pada jam 12.00 sebesar 22,3 V, sedangkan tegangan *output* yang dihasilkan pada kisaran 13,8 V hingga 14,2 V. Pada jam 12.00 diperoleh *input* daya maksimal sebesar 22,3 V. Arus *output* pada jam 09.00 terukur sebesar 2,43 A, sedangkan pada jam 15.00 terukur sebesar 1,07. Dapat dilihat arus *output* semakin menurun, hal ini dipengaruhi karena adanya proses pengisian aki.

3.3 Pengujian Konverter Sepic dengan Metode *Fuzzy Logic* Kontroler pada Panel Surya



Gambar 8: Grafik Pengujian Metode *Fuzzy Logic* Kontroler

Pada Gambar grafik 8 pengujian metode *fuzzy logic* setiap 30 menit pada jam 10.00 sampai jam 15.00. Terdapat Vin yang merupakan tegangan masukan dari panel surya. Sedangkan Vout pada grafik menunjukkan tegangan keluaran setelah melalui konverter sepic. Pada saat jam 10.00 diperoleh Vin sebesar 19,7 V dan Vout sebesar 13,9 V sedangkan pada saat jam 11.00 diperoleh Vin 20,9 V dan Vout 14,2 V. Setiap waktu, tegangan akan berubah karena dipengaruhi oleh irradiansi matahari yang selalu berubah. Dengan adanya data diatas yang menunjukkan Vin dari panel surya selalu berubah ubah sedangkan Vout stabil dikisaran setpoint, maka dapat dinyatakan metode fuzzy bekerja dengan baik untuk menstabilkan Vout yang akan digunakan untuk proses pengisian aki/ baterai.

3.4 Pengujian Pengisian Aki dengan Konverter Sepic

Pada Tabel VII pengujian pengisian aki dengan konverter sepic dengan tegangan aki sebelum pengisian sebesar 11,4 V. Sedangkan tegangan setelah pengisian aki yaitu 13,8 V selama 1 jam 40 menit. Dari hasil pengujian tersebut, maka konverter sepic dengan menggunakan metode fuzzy logic dapat berfungsi dengan baik untuk pengisian aki 12 V/7Ah. Ketika aki dalam kondisi penuh maka LED akan menyala.

TABELVII: PENGUJIAN PENGISIAN AKI DENGAN KONVERTER SEPIC

Vin	Vout	Tegangan Aki Sebelum Pengisian	Tegangan Aki Setelah Pengisian	Durasi Pengisian
21 V	14 V	11,4 V	13,8 V	1 jam 40 menit

4. KESIMPULAN

Pada pengujian yang telah dilakukan konverter sepic dengan metode *fuzzy logic* telah berhasil dan bekerja dengan baik. Pada pengujian panel surya dengan beban 20Ω tegangan dan arus pada *photovoltaic* berbanding lurus dan nilainya selalu berubah ubah. Kontrol kestabilan tegangan dengan metode *fuzzy logic* untuk pengisian batrai



VRLA atau aki dari *photovoltaic* dapat bekerja baik dengan mempertahankan tegangan keluaran pada kisaran 14 V. Durasi pengisian aki yaitu 1 jam 40 menit dengan tahanan sebelum pengisian sebesar 11,4 V dan tegangan ketika aki penuh sebesar 13,8 V. Pada saat proses pengisian aki, tegangan akan bertambah dan arus akan semakin kecil ketika aki penuh. Dengan menyesuaikan tegangan aki, terdapat *setpoint* 14 V untuk membatasi tegangan jika aki sudah penuh. Sebelum mencapai *setpoint* 14 V aki akan terus di isi oleh *output* tegangan konverter sepic dari *photovoltaic*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Suryoatmojo, I. Dilianto, Suwito, R. Mardiyanto and E. Setijadi, "Desain dan Implementasi Konverter DC-DC Topologi SEPIC Termodifikasi dengan Gain Statis yang Tinggi untuk Aplikasi pada *Photovoltaic*," Vol. 2 No. vol. 2, pp. 22-28, 2018.
- [2] T. M. Asyadi, I. D. Sara and Suriadi, "Metode Maximum Power Point Tracking (MPPT) dan Boost Converter Menggunakan *Fuzzy Logic* Controller (FLC) pada Modul Surya," Vol. 17, No. 1, pp. 1-6, 2021.
- [3] S. Meliala, "Analisis Tegangan Keluaran DC Step-Up Cuk Konverter Menggunakan *Fuzzy logic* Kontroler," Journal of Electrical Technology, Vol. 1, No. 1, pp. 17-24, 2016.
- [4] A. Huda, "Pemodelan dan Simulasi Maximum Power Point Tracking Menggunakan Adaptif Neuro Fuzzy Inference System Pada Aplikasi Fotovoltaik Dengan Konverter SEPIC," JURNAL INOVTEK SERI ELEKTRO, VOL. 2, NO. 3, pp. 131-137, 2020.
- [5] E. A. Zuliari, C. W. Priananda and S. I. Haryudo, "Penggunaan Algoritma Peturb and Observe (Pno) dalam Studi Penggunaan Sepic dan Zeta Konverter untuk Maximum Power Point Tracker (Mppt) pada *Photovoltaic* Statis," Journal Information Engineering and Educational Technology: Volume 01 Nomor 012017, pp. 27-31, 2017.
- [6] R. Fibrianti, "Rancang Bangun SEPIC (Single-Ended Primary Inductance Converter) untuk Aplikasi MPPT (Maximum Power Point Tracker) Jenis Constant Voltage (CV)," JURNAL TEKNOLOGI ELEKTERIKA No.2, Vol. 17, pp. 7-13, 2020.
- [7] Oudda, M and A. Hazzab, "*Fuzzy logic* Control of a SEPIC Converter for a *Photovoltaic* System," Vol 6 No 4, vol. 6, pp. 1-7, 2016.
- [8] "Pengertian Arduino UNO," [Online]. Available: <https://illearning.me/sample-page-162/arduino/pengertian-arduino-uno/> . [Accessed 16 7 2022].
- [9] I. Herafiandi, E. Madyatama and M.Luqman, "SISTEM PENGISI BATERAI MENGGUNAKAN BOOST CONVERTER DAN *PHOTOVOLTAIC* PADA TRAFFIC LIGHT," JURNAL ELKOLIND, MEI 2016, VOL.3, NO.1, pp. 52-60, 2016.
- [10] Elmech, "Rentang Sensor Tegangan Dc 0-25 Volt.," [Online]. Available: <https://elmechtechnology.com/product/dc-voltage-sensor-range-0-25-volt> . [Accessed 16 7 2022].
- [11] Andalanelektro, "Karakteristik Sensor Arus ACS 712," [Online]. Available: <https://www.andalanelektro.id/2018/11/karakteristik-sensor-suhu-acs-712.html> . [Accessed 16 7 2022].
- [12] F. A. Pamuji and Soediby, "DESAIN KONTROL MULTI – *INPUT* DC – DC CONVERTER SISTEM HIBRID TURBIN ANGIN DAN SEL SURYA MENGGUNAKAN KONTROL *FUZZY LOGIC* UNTUK TEGANGAN RENDAH," Vol: 4, No. 2, pp. 220-226, 2015.
- [13] A. Ainuddin, S. Manjang and F. A. Samman, "Sistem Pengendali Pengisian Baterai pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya," Jurnal JPE, Vol.21, No.02, pp. 16-24, 2017.

