

Kontrol Logika Fuzzy untuk Pengisian Baterai Metode Constant Voltage Menggunakan SEPIC Converter

Muhammad Reza Naufal Hardianto¹, Sutedjo², Indra Ferdiansyah³, Luki Septya Mahendra⁴
¹²³⁴Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jl. Raya ITS, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

email: ezareza07@gmail.com¹

Abstrak - Energi Surya merupakan sumber energi yang saat ini dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik. Penggunaan energi matahari di Indonesia dapat didukung dengan letak Indonesia yang merupakan negara beriklim tropis sehingga selalu disinari matahari setiap tahunnya. Perubahan energi matahari menjadi energi listrik memerlukan panel surya sehingga sinar matahari dapat diubah menjadi energi listrik yang dapat digunakan. Pada sistem charging penelitian ini memanfaatkan sumber dari sinar matahari yang akan menghasilkan energi listrik dengan panel surya. Dengan tegangan output 14,4V dan arus output 16A untuk charging baterai lead acid 12V/100Ah dengan tegangan input 18V dari panel surya yang akan diturunkan menggunakan sepic coverter. Baterai lead acid 12V/100Ah ini digunakan untuk mensuplai beban rumah DC yang meliputi 6 buah lampu DC masing-masing 10Watt, 2 buah kipas angin DC masing-masing 12Watt dan 1 buah pompa air DC 60 Watt. Sistem charging menggunakan metode constant voltage dengan kontrol fuzzy logic controller. Pada hasil pengujian *close loop* tegangan keluaran dari SEPIC *converter* untuk pengisian baterai yaitu antara 14,52 Volt sampai 14,35 Volt pada irradiasi antara 1000 W/m² sampai 600 W/m² dengan rata-rata error tegangan keluaran SEPIC *converter* dengan tegangan set point yaitu sebesar 0,43 %.

Kata Kunci - Panel surya, fuzzy logic controller, SEPIC converter, baterai

Abstract - Solar Energy is an energy source that can currently be used to generate electrical energy. The use of solar energy in Indonesia can be supported by the location of Indonesia which is a country with a tropical climate so that it is always exposed to the sun every year. Converting solar energy into electrical energy requires solar panels so that sunlight can be converted into usable electrical energy. In this final project charging system utilizes a source of sunlight which will produce electrical energy with solar panels. With an output voltage of 14.4V and an output current of 16A for charging the 12V/100Ah lead acid battery with an input voltage of 18V from the solar panel which will be lowered using a sepic coverter. This 12V/100Ah lead acid battery is used to supply a DC house load which includes 6 DC lamps of 10Watt each, 2 DC fans of 12Watt each and 1 60-Watt DC water pump. The charging system uses the constant voltage method with fuzzy logic controller control. In the close loop test results, the output voltage of the SEPIC converter for battery charging is between 14.52Volt to 13.35Volt at irradiation between 1000W/m² to 600W/m² with an average error of SEPIC converter output voltage with a set point voltage of 0.43 %.

Keywords - Solar panel, fuzzy logic controller, SEPIC converter, battery

I. PENDAHULUAN

Penggunaan sumber energi terbarukan dapat menjadi alternatif saat ini untuk mengurangi penggunaan daya dari sumber PLN. Kebutuhan listrik dari PLN bergantung pada energi fosil yang ketersediaannya bisa saja suatu saat menipis dan habis dengan semakin banyaknya kebutuhan listrik setiap orang [1][2]. Untuk mengatasi ini terdapat sumber energi terbarukan salah satunya yaitu pemanfaatan energi matahari dengan menggunakan *solar cell* [3]. Indonesia yang berada digaris khatulistiwa sangat mendukung penggunaan energi matahari karena dapat terkena limpaan sinar matahari [4][5]. Adapun kelemahan penggunaan energi matahari yaitu ketika malam hari tidak dapat menghasilkan energi karena energi yang dihasilkan hanya berasal dari radiasi sinar matahari dan ketika malam hari tidak terdapat matahari sehingga tidak dapat

menghasilkan energi [6][7]. Maka dari itu diperlukan sebuah penyimpanan energi agar dapat digunakan untuk malam hari. Salah satu contoh penyimpanan energi yaitu baterai yang dapat digunakan untuk menyimpan energi yang dihasilkan saat *solar cell* terkena radiasi sinar matahari [8][9]. Dengan adanya baterai energi yang dihasilkan dari energi matahari dapat digunakan ketika tidak mendapatkan radiasi sinar matahari. Daya yang dihasilkan *solar cell* dapat digunakan untuk pengisian baterai namun terkadang saat radiasi yang didapat dari matahari tidak optimal maka tegangan yang dihasilkan akan rendah [10][11]. Jadi diperlukan *converter sepic* yang dapat mengubah tegangan dari *solar cell* agar sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan untuk pengisian baterai.

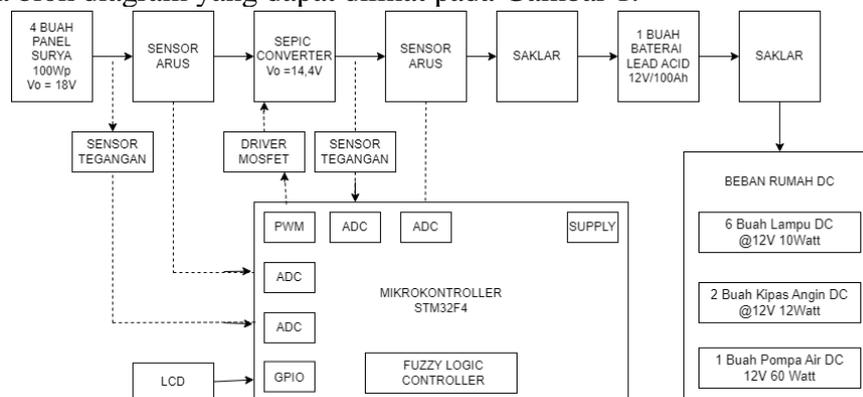
Baterai yang digunakan untuk menyimpan energi listrik dan akan menghasilkan listrik DC ketika digunakan [12]. Listrik DC memiliki beberapa keunggulan yaitu jaringan transmisi lebih rendah yang mengakibatkan biaya yang dibutuhkan jadi lebih murah, dan tidak ada medan magnet di sekitar konduktor sehingga tidak terjadi efek induktif dan kapasitif. Pemanfaatan energi listrik DC yang dihasilkan dari *solar cell* dapat dimanfaatkan untuk membuat rumah DC. Rumah DC yang dimaksud adalah rumah yang tidak terdapat pasokan listrik dari jaringan PLN. Rumah ini berguna untuk masyarakat yang tinggal di daerah-daerah terpencil yang tidak terjangkau jaringan listrik PLN. Dengan memanfaatkan energi terbarukan yang sangat berlimpah seperti energi matahari daerah-daerah tersebut bisa mendapatkan energi listrik DC.

Terdapat beberapa metode pengisian baterai salah satunya yaitu metode *constant voltage*. Metode ini bekerja dengan cara menjaga tegangan pengisian baterai supaya konstan selama proses pengisian. Metode ini merupakan metode yang umum digunakan untuk pengisian baterai asam-timbal. Pada proses pengisian akan tinggi di awal pengisian lalu menurun mendekati nol ketika baterai sudah mendekati penuh [13]. Metode *constant voltage* ini memerlukan kontrol yang pada penelitian ini menggunakan *fuzzy logic controller* yang terhubung pada DC-DC konverter. *Fuzzy logic controller* ini diharapkan dapat mendapatkan *duty cycle* yang tepat agar tegangan keluaran konverter dapat konstan untuk pengisian baterai. Pada penelitian ini menggunakan *SEPIC converter* yang digunakan agar untuk menaikkan atau menurunkan tegangan dari panel surya untuk pengisian baterai.

II. METODE

A. Perencanaan Sistem

Sebelum melakukan pembuatan sistem diperlukan sebuah perencanaan sistem terlebih dahulu berupa blok diagram yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Pada Gambar 1 merupakan blok diagram sistem. Pada sistem tersebut menggunakan sumber dari 4 buah panel surya yang dirangkai secara paralel. Tegangan keluaran dari panel surya akan dinaikkan atau diturunkan melalui *SEPIC converter*. Penggunaan *SEPIC converter* ini dikarenakan tegangan dari panel surya bisa lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan

charging maka *converter* harus bisa menaikkan atau menurunkan tegangan. Tegangan keluaran dari *sepic converter* akan dikontrol menggunakan *fuzzy logic controller* untuk mencharging baterai *lead acid* dengan spesifikasi baterai 12V/100Ah. Baterai *lead acid* ini digunakan untuk mensuplai beban rumah DC. Terdapat sensor tegangan dan sensor arus setelah *sepic converter* digunakan untuk mengetahui tegangan dan arus keluaran dari *SEPIC converter*. Lalu untuk sensor tegangan dan sensor arus sebelum dan sesudah *SEPIC converter* untuk mengetahui tegangan dan arus masukan dan keluaran *SEPIC converter* yang akan ditampilkan pada LCD.

B. Baterai

Pada baterai terdapat suatu proses yang dimana pada pengisian baterai pada saat proses pengisian energi listrik diubah menjadi energi kimia lalu pada saat pengosongan energi kimia diubah menjadi energi listrik [14]. Pada penelitian ini menggunakan baterai jenis *lead acid*. Kapasitas baterai dapat ditentukan dengan pertimbangan beban yang digunakan dari suplai baterai. Pada penelitian ini menggunakan beban rumah DC yang meliputi 6 buah lampu DC, 2 buah kipas angin DC, dan 1 buah pompa air DC dengan total daya beban sebesar 144Watt. Kemudian dapat ditentukan kapasitas baterai yang dapat digunakan untuk menyalakan beban rumah DC selama 4 jam per harinya dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Daya total} = \text{daya beban} \times \text{lama penggunaan} \tag{1}$$

$$\text{Kapasitas Baterai} = \text{tegangan baterai} \times \text{daya total} \tag{2}$$

Cara untuk menjaga baterai memiliki *lifetime* yang lama salah satunya dengan cara menjaga kondisi baterai tidak boleh sampai baterai kondisi habis atau SOC baterai yaitu 0%. Minimal SOC baterai agar memiliki *lifetime* yang panjang yaitu sebesar 30%. Adapun cara menentukan kapasitas baterai agar baterai tidak sampai kondisi habis saat digunakan yaitu sebagai berikut:

$$\text{Daya baterai} = \text{tegangan baterai} \times \text{kapasitas baterai} \tag{3}$$

$$\text{SOC} = \frac{\text{daya baterai} \times \text{daya total}}{\text{daya baterai}} \times 100 \tag{4}$$

Dari cara menentukan kapasitas baterai dapat ditentukan baterai yang digunakan pada penelitian ini menggunakan baterai dengan spesifikasi baterai yaitu 12V/100Ah.

C. Panel Surya

Panel surya merupakan gabungan dari beberapa sel surya yang dirangkai secara paralel dan seri sesuai dengan daya panel surya. Alat semikonduktor yang dapat digunakan untuk mengkonversi energi sinar matahari menjadi energi listrik merupakan sel surya [15][16]. Dalam penelitian ini menggunakan panel surya sebagai sumber pengisian baterai. Untuk menentukan kapasitas daya panel surya maka diperlukan beberapa perhitungan sebagai berikut dengan asumsi efisiensi *SEPIC converter* sebesar 80% yaitu:

$$\text{Kebutuhan daya input} = \frac{\text{energi baterai}}{\text{efisiensi konverter}} \tag{5}$$

$$\text{Kebutuhan daya panel surya} = \frac{\text{kebutuhan daya input}}{\text{lama pengisian}} \tag{6}$$

Dari cara menentukan kapasitas daya panel surya maka pada penelitian ini menggunakan 4 buah panel surya 100Wp yang dirangkai secara paralel dengan daya total panel surya sebesar 400Wp. Spesifikasi panel surya yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

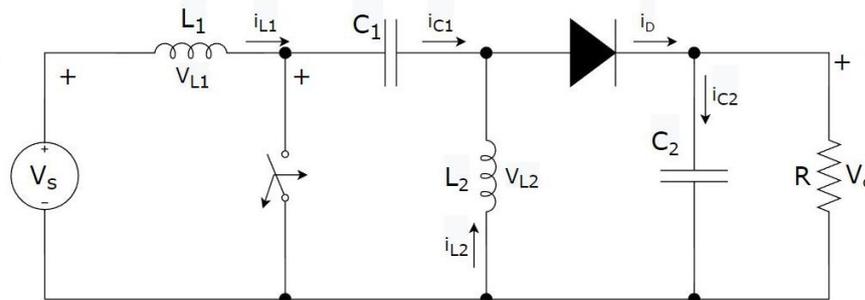
TABEL 1. SPESIFIKASI PANEL SURYA

Solar Module Sunasia	
Model	SP100-18M
Peak Power (Pmax)	100W
Max Power Voltage (Vmp)	17.8 V
Max Power Current (Imp)	5,62 A
Open-circuit Voltage (Voc)	21.8 V

Solar Module Sunasia	
Short-circuit Current (Isc)	6.05A
Standard Test Conditions	1000W/m ² 25°C

D. SEPIC Converter

Pada penelitian ini menggunakan DC-DC converter yaitu SEPIC converter. Pemilihan SEPIC converter karena untuk menaikkan atau menurunkan tegangan keluaran dari panel surya yang bisa lebih besar atau lebih kecil dari tegangan charging [17]. Maka diperlukan converter yang dapat menaikkan atau menurunkan tegangan untuk menghasilkan tegangan sesuai dengan tegangan charging sehingga dapat mencharging baterai lead acid. Converter sepic lebih baik daripada buck-boost dikarenakan memiliki efisiensi yang lebih baik. Dalam rangkaian sepic converter ini terdapat beberapa komponen yaitu kapasitor, induktor, diode, dan mosfet. Rangkaian SEPIC converter dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian SEPIC Converter

Adapun beberapa parameter untuk menentukan nilai-nilai komponen yang ada pada SEPIC converter yang dapat dilihat pada Tabel 2. Dari parameter yang ada lalu dapat dilakukan perhitungan mendapatkan nilai duty cycle, resistor, induktor, dan kapasitor dengan persamaan yang ditunjukkan pada persamaan berikut [18]:

Penentuan nilai duty cycle:

$$D = \frac{V_o}{V_o + V_s} \tag{7}$$

Penentuan nilai resistor:

$$R = \frac{V_o}{I_o} \tag{8}$$

Penentuan nilai kapasitor:

$$\Delta V_o = 0.1\% \times V_o \tag{9}$$

$$C_1 = C_2 = \frac{D}{R \times \left(\frac{\Delta V_o}{V_o}\right) \times F_s} \tag{10}$$

Penentuan nilai induktor:

$$I_{L1} = \frac{V_o^2}{V_s \times R} \tag{11}$$

$$\Delta i_{L1} = 20\% \times I_{L1} \tag{12}$$

$$L_1 = \frac{V_s \times D}{\Delta i_{L1} \times F_s} \tag{13}$$

$$I_{L2} = I_o \tag{14}$$

$$\Delta i_{L2} = 20\% \times I_{L2} \tag{15}$$

$$L_2 = \frac{V_s \times D}{\Delta i_{L2} \times F_s} \tag{16}$$

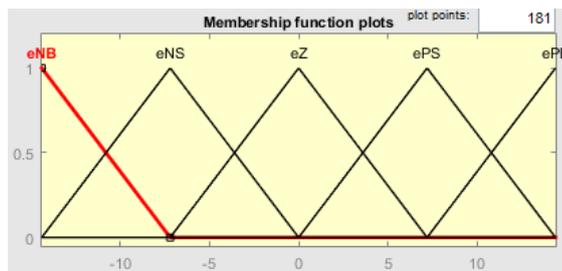
TABEL 2. PARAMETER SEPIC CONVERTER

Parameter	Nilai
Tegangan input (Vin)	18 V
Tegangan output (Vout)	14.4 V
Arus input (Iin)	12,8 A
Arus output (Iout)	16 A
Frekuensi Switching (Fs)	40KHz

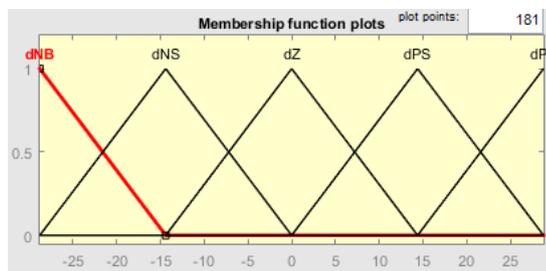
E. Fuzzy Logic Controller

Pada penelitian ini menggunakan kontrol yaitu *fuzzy logic controller* yang dihubungkan dengan *SEPIC converter* untuk menjaga tegangan keluaran konstan sebagai pengisian baterai. Pada perancangan *fuzzy logic controller* terdapat beberapa tahap meliputi *fuzzification*, *inference*, dan *defuzzification* [19][20].

1. *Fuzzification* merupakan Proses ini berfungsi untuk merubah suatu besaran analog menjadi *fuzzy input*. Didalam proses ini ada dua tahapan, yaitu membuat himpunan *fuzzy* untuk *error* dan *delta error* lalu membuat fungsi keanggotaan (*membership function*) untuk *error* yang dapat dilihat pada Gambar 3. dan *delta error* yang dapat dilihat pada Gambar 4. Serta pada sisi output yaitu variable *duty cycle*.



Gambar 3. Membership Function Error



Gambar 4. Membership Function Delta Error

2. *Inference* berisi *rule base* merupakan sistem yang digunakan sebagai cara untuk menyimpan dan memanipulasi pengetahuan untuk diwujudkan dalam suatu informasi yang dapat membantu dalam menyelesaikan berbagai permasalahan atau dapat juga didefinisikan sebagai suatu Sistem Pakar yang menggunakan aturan-aturan untuk menyajikan pengetahuannya. Pada penelitian ini menggunakan *rule base* 5x5 yang dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3. RULE BASE

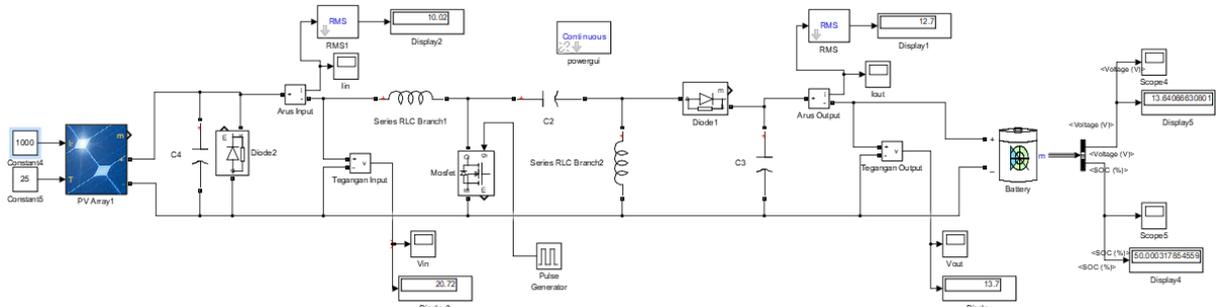
E/ ΔE	NB	NS	Z	PS	PB
NB	NB	NB	NB	NS	Z
NS	NB	NB	NS	Z	PS
Z	NB	NS	Z	NB	PB
PS	NS	Z	PS	PB	PB
PB	Z	PS	PB	PB	PB

3. *Defuzzifikasi* Merupakan suatu proses untuk mengubah nilai dari hasil fungsi keanggotaan menjadi nilai *output fuzzy*. *Input* dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Pada tahap defuzzifikasi ini menggunakan metode *weight average*, pada metode ini mengambil nilai rata – rata dengan menggunakan pembobotan berupa derajat keanggotaan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Simulasi Open Loop

Simulasi digunakan menggunakan *software* MATLAB. Pada rangkaian simulasi menggunakan sumber dari panel surya yang tegangan keluarannya diturunkan melalui SEPIC *converter*. Lalu tegangan keluaran dari SEPIC *converter* digunakan untuk pengisian baterai *lead acid* 12V 100Ah. Pada rangkaian *open loop* ini tanpa menggunakan kontrol sehingga nilai *duty cycle* dibuat sesuai desain yaitu 44%. Gambar 5. Merupakan rangkaian simulasi *open loop*.



Gambar 5. Rangkaian *Open Loop*

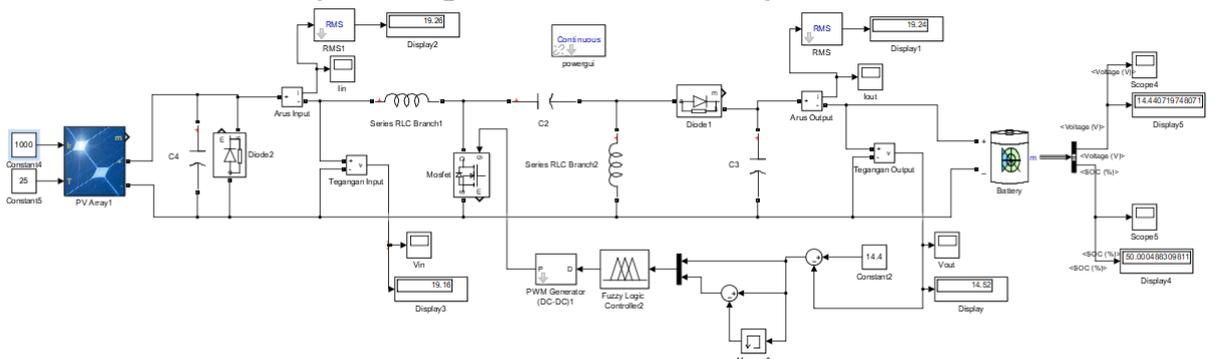
TABEL 4. HASIL DATA *OPEN LOOP*

Irradiasi (W/m ²)	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)	Set Point (V)	Error (%)
1000	20,72	10,02	13,7	12,7	14,4	4,86
900	20,61	9,58	13,69	12,14	14,4	4,9
800	20,48	9,09	13,67	11,51	14,4	5,06
700	20,33	8,52	13,66	10,78	14,4	5,13
600	20,15	7,85	13,64	9,92	14,4	5,27
500	19,94	7,05	13,61	8,9	14,4	5,48
Rata-rata						5,11

Dari Tabel 4. Dapat diketahui bahwa tegangan keluaran dari SEPIC *converter* untuk pengisian baterai yaitu antara 13,7 Volt sampai 13,61 Volt pada irradiansi antara 1000W/m² sampai 600 W/m². Nilai tegangan tersebut masih dibawah tegangan set point untuk charging baterai *lead acid* 12 V 100 AH yaitu 14,4 V. Rata-rata error tegangan keluaran SEPIC *converter* dengan tegangan set point yaitu sebesar 5,11 %.

B. Simulasi Close Loop

Simulasi digunakan menggunakan *software* MATLAB. Pada rangkaian simulasi menggunakan sumber dari panel surya yang tegangan keluarannya diturunkan melalui SEPIC *converter*. Lalu tegangan keluaran dari SEPIC *converter* digunakan untuk pengisian baterai *lead acid* 12V 100 AH. Pada rangkaian *open loop* ini menggunakan kontrol yaitu *fuzzy logic controller* yang digunakan untuk mengkonstantkan tegangan keluaran SEPIC *converter* sebesar 14,4 V. Gambar 6. Merupakan rangkaian simulasi *close loop*.



Gambar 5. Rangkaian *Close Loop*

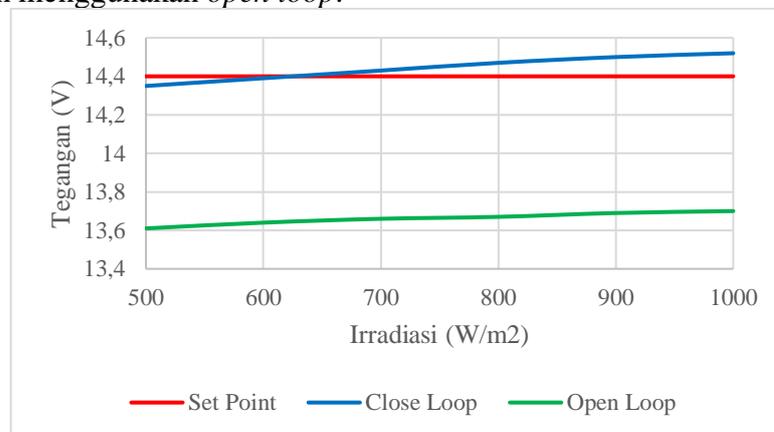
TABEL 5. HASIL DATA CLOSE LOOP

Irradiasi (W/m ²)	V _{in} (V)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Set Point (V)	Error (%)
1000	19,16	19,26	14,52	19,24	14,4	0,83
900	18,9	18,19	14,5	18,15	14,4	0,69
800	18,59	16,91	14,47	16,84	14,4	0,48
700	18,2	15,37	14,43	15,26	14,4	0,2
600	17,76	13,56	14,39	13,42	14,4	0,06
500	17,25	11,53	14,35	11,36	14,4	0,34
Rata-rata						0,43

Dari Tabel 5. Dapat diketahui bahwa tegangan keluaran dari SEPIC *converter* untuk pengisian baterai yaitu antara 14,52 Volt sampai 14,35 Volt pada irradiansi antara 1000 W/m² sampai 600 W/m². Nilai tegangan tersebut sudah mendekati tegangan set point untuk charging baterai *lead acid* 12V 100AH yaitu 14,4 V. Rata-rata *error* tegangan keluaran SEPIC *converter* dengan tegangan set point yaitu sebesar 0,43 %.

C. Perbandingan Irradiansi Terhadap Tegangan Set Point, Open Loop, dan Close Loop

Dari Gambar 6 merupakan grafik perbandingan irradiansi terhadap tegangan *set point*, tegangan *open loop*, dan tegangan *close loop*. Saat irradiansi berubah ubah tegangan pengisian baterai pada saat *open loop* berbeda cukup jauh dari pada tegangan *set point*. Sedangkan saat irradiansi berubah ubah tegangan pengisian baterai pada saat *close loop* berbeda sedikit dengan tegangan *close loop*. Hal ini menandakan metode pengisian baterai dengan *close loop* lebih baik dari pada dengan menggunakan *open loop*.



Gambar 6. Grafik Irradiansi Terhadap Tegangan Set Point, Open Loop dan Close Loop

IV. KESIMPULAN

Hasil pengujian *open loop* pengisian baterai *lead acid* 12 V 100 AH, dengan menggunakan *software* MATLAB menunjukkan hasil tegangan keluaran SEPIC *converter* yang digunakan untuk pengisian baterai masih belum mendekati setpoint tegangan pengisian yaitu 14,4 V. Pada hasil pengujian *open loop* tegangan keluaran dari SEPIC *converter* untuk pengisian baterai yaitu antara 13,7 Volt sampai 13,61 Volt pada irradiansi antara 1000W/m² sampai 600W/m² dengan rata-rata *error* tegangan keluaran SEPIC *converter* dengan tegangan set point yaitu sebesar 5,11 %. Untuk hasil pengujian *close loop* pengisian baterai *lead acid* 12 V 100 AH, dengan menggunakan *software* MATLAB menunjukkan hasil tegangan keluaran SEPIC *converter* yang digunakan untuk pengisian baterai sudah mendekati setpoint tegangan pengisian yaitu 14,4 V. Pada hasil pengujian *close loop* tegangan keluaran dari SEPIC *converter* untuk pengisian baterai yaitu antara 14,52 Volt sampai 13,35 Volt pada irradiansi antara 1000 W/m² sampai 600 W/m² dengan rata-rata *error* tegangan keluaran SEPIC *converter* dengan tegangan set point yaitu sebesar 0,43 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Tim Jurnal Elektro Polbeng yang telah meluangkan waktu untuk membuat template jurnal, sehingga penulis lebih mudah untuk menuangkan isi penelitian.

REFERENSI

- [1] Yuskar, Rahmat Ihsani, Anggar Rusdinar, and Irwan Purnama. "Sistem Penerangan Jalan Umum Bertenaga Surya." *eProceedings of Engineering* 5.3 (2018).
- [2] Syofian, Andi, and Aswir Premadi. "Optimalisasi Sistem Penyimpanan Energi Panel Surya Berbasis Kendali Logika Fuzzy." *Jurnal Teknik Elektro* 10.2 (2021): 86-92.
- [3] Purwoto, Bambang Hari, et al. "Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif." *Emitor: Jurnal Teknik Elektro* 18.1 (2018): 10-14.
- [4] Setyawan, Imam, and Bambang Suprianto. "Rancang Bangun Prototype Solar Cell Buck Boost Converter Menggunakan Kontrol Fuzzy Di Implementasikan Pada Aerator Tambak Udang." *Jurnal Teknik Elektro* 8.3 (2019).
- [5] Sari, Dyah Intan, Subiyantoro Subiyantoro, and Mila Fauziyah. "Desain sistem pengisian daya pada solar e-bike menggunakan metode PI." *Jurnal Eltek* 19.1 (2021): 101-107.
- [6] Lindo, Adtrizal, and Muldi Yuhendri. "Sistem Kendali Daya Maksimum Panel Surya Berbasis Fuzzy Logic Controller." *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia* 3.1 (2022): 102-110.
- [7] Haq, Aria Nurul, Tan Suryani Sollu Saipul, and Yusnaini Arifin. "Rancang Bangun Pengontrolan Pengisian Baterai dengan Sumber Sel Surya Berbasis Arduino." *Foristek* 8.1 (2018).
- [8] Yustikasari, Azizah Istiqomah, Epyk Sunarno, and Putu Agus Mahadi Putra. "Design and Simulation of Buck Converter with Fuzzy Logic Control for Battery Charging." *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)* 8.2 (2021): 59-64.
- [9] Komarudin, Achmad. "Desain Dan Analisis Proporsional Kontrol Buck-Boost Converter Pada Sistem Photovoltaik." *Jurnal ELTEK* 12.2 (2017): 78-89.
- [10] Akhinov, Ihsan Auditia, and Devi Handaya. "Sistem Kontrol Pengisian Baterai pada Penerangan Jalan Umum Berbasis Solar Cell." *Jurnal Teknologi Rekayasa* 4.1 (2019): 93-98.
- [11] Prianto, Eko, Nurhening Yuniarti, and Dika Cahyo Nugroho. "Boost-converter sebagai alat pengisian baterai pada sepeda listrik secara otomatis." *Jurnal Edukasi Elektro* 4.1 (2020): 52-62.
- [12] Purnomo, Wahyu. "Pengisi baterai otomatis dengan menggunakan solar cell." *Universitas Gunadarma, Jakarta* (2010).
- [13] Wibowo, Eko Avin. "Desain Buck Converter Sebagai Charging Baterai Pada Sistem PLTS." *MSI Transaction on Education* 3.4 (2022): 199-200.
- [14] Hamid, Riskha Mirandha, et al. "Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhan UMKM." *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)* 4.2 (2016): 130-136.
- [15] Bahar, Syaiful, and Aditya Arif Hidaytullah. "Perancangan Alat Pendingin Susu Sapi Menggunakan Solar Panel." *Informatics, Electrical and Electronics Engineering (Infotron)* 2.2 (2022): 39-45.
- [16] Saputra, Rizky Tristyana Ardi, Supriatna Adhisuwignja, and Mohammad Luqman. "Perancangan Buck Boost Converter Menggunakan Fuzzy Logic Control Sinyal Pulse

- Width Modulation pada Panel Surya." *Jurnal Elkolind: Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri* 6.1 (2021): 39-44.
- [17] Fibrianti, Riska. "Rancang Bangun SEPIC (Single-Ended Primary Inductance Converter) untuk Aplikasi MPPT (Maximum Power Point Tracker) Jenis Constant Voltage (CV)." *Jurnal Teknologi Elekterika* 4.2 (2020): 46-52.
- [18] Jurnal, Redaksi Tim. "Rancang Bangun Pemrograman Berbasis Sistem Cerdas Untuk Pengaturan Pengisian Batere Pembangkit Listrik Tenaga Surya: Dhami Johar Damiri; Supriadi Legino; Hakimul Batih." *Energi & Kelistrikan* 10.1 (2018): 1-14.
- [19] Ginanjar, Egi, Ali Mashar, and Wahyu Budi Mursanto. "Perancangan Buck Boost Converter Pada Sistem Pengisian Baterai Untuk Panel Surya Kapasitas 50 Wp." *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*. Vol. 13. No. 01. 2022.
- [20] Daniel W. Hart. 2011. *Power Electronics*. New York. The McGraw-Hill Companies. pp 226 – 230. ISBN 978-0-07-338067-4.