

# Rancang Bangun Prototipe Rumah DC Sistem Off Grid Berbasis Fuzzy Logic

Regina Salsabila<sup>1</sup>, Sutedjo<sup>2</sup>, Moch. Machmud Rifadil<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, 60111, Indonesia <sup>1</sup>reginasalsabila18@yahoo.com

<sup>2</sup>Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya 60111, <sup>2</sup>sutedjo@pe.pens.ac.id

## Abstrak

Indonesia memiliki potensi yang besar sebagai penghasil sumber energi terbarukan, salah satunya energi surya. Energi surya tidak selalu menghasilkan daya yang stabil, hal ini dikarenakan kontinuitas energi yang bergantung pada siklus dan kondisi iklim. Untuk terjaganya kontinuitas energi maka, pada proyek akhir ini dirancang Prototype Rumah DC 200 watt dengan tujuan konsep rancangan tersebut dapat digunakan pada Rumah DC. Rumah DC menggunakan sumber panel surya yang nantinya akan terhubung ke SEPIC konverter yang berfungsi sebagai charging battery dengan tegangan output 14,4 V untuk charging baterai dengan tegangan input 18 V dari solar panel akan diturunkan tegangannya melalui SEPIC konverter sesuai dengan nilai duty cycle yang diatur pada mosfet untuk mengisi daya baterai sesuai dengan perhitungan kebutuhan beban baterai lead acid 12V/140 Ah. Sistem charging battery menggunakan metode CV (constant voltage) dengan diberikan algoritma fuzzy logic. Hasil dari proyek akhir dengan cara simulasi pada SEPIC konverter telah dikontrol menggunakan algoritma fuzzy dengan metode charging constant voltage, set point 14,4 V sehingga dengan algoritma fuzzy dapat digunakan untuk charging baterai. Pada pengujian hardware, tegangan charging baterai dapat dikontrol menggunakan logika fuzzy dengan tegangan charging rata-rata 14,4 V dengan keadaan iradiasi yang berbeda. Oleh karena itu desain ini dapat digunakan untuk Rumah DC 12 V/200 watt.

**Kata kunci:** Baterai, Fuzzy Logic Contoller, Off-Grid, Rumah DC, Single-Ended Primary Inductor Konverter.

## Abstract

Indonesia has great potential as a producer of the best energy sources, one of which is solar energy. Solar energy does not always produce stable power, this is due to the fact that energy depends on cycles and climatic conditions. For the next continuity energy then, in the final project is designed prototype house DC 200 watts with the aim of the design concept can be used in DC homes. DC House uses a solar panel source that will be connected to the converter SEPIC which serves as a charging battery with an output voltage of 14.4 V for charging the battery with an input voltage of 18 V from the solar panel will be lowered voltage through the converter SEPIC in accordance with the value of the duty cycle set on the mosfet to charge the battery in accordance with the requirements of the load requirements of 12V/140 ah lead acid battery. The battery charging system uses CV (constant voltage) method with fuzzy logic algorithm. The results of the final project by means of simulation on SEPIC converter has been controlled using fuzzy algorithm with constant voltage charging method, set point 14.4 V so that the fuzzy algorithm can be used for battery charging. In hardware testing, the battery charging voltage can be controlled using fuzzy logic with an average charging voltage of 14.4 V with different irradiation conditions. Therefore this design can be used for home DC 12 V / 200 watts.

**Keyword:** Battery, DC House, Fuzzy Logic Contoller, Off-Grid, Single Ended Primary Inductor Converter.

## I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi baru terbarukan yang menghasilkan listrik DC untuk memenuhi kebutuhan listrik terutama daerah terpencil saat ini semakin meningkat. Listrik DC memiliki beberapa keunggulan dibandingkan listrik AC,

yaitu antara lain biaya set up daya DC lebih murah ketika jarak transmisi pendek, tidak ada medan magnet di sekitar konduktor sehingga tidak terjadi efek induktif dan kapasitif (Chowdhury et al, 2009).

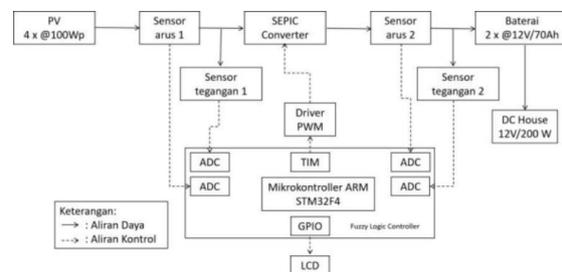
Dengan memanfaatkan keunggulan listrik DC maka muncul gagasan untuk mendirikan Rumah DC yang berguna untuk masyarakat di daerah terpencil yang tidak terjangkau jaringan listrik PLN. Karena daerah-daerah tersebut memiliki sumber energi terbarukan yang berlimpah maka untuk mengaplikasikan Rumah DC tersebut menggunakan fotovoltaik (PV) atau panel surya untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik, menjadikan sel surya sebagai sumber energi terbarukan dan rendah emisi [1]. Tetapi penggunaan panel surya yang hanya dapat memanfaatkan energi matahari pada siang hari. Oleh karena itu, panel surya akan diintegrasikan ke baterai dan rumah DC yang didalamnya terdapat beban DC. Selain itu saat kondisi matahari berubah, radiasi yang diterima oleh fotovoltaik juga akan berubah, yang mengakibatkan fluktuasi daya keluaran. Daya, tegangan, dan arus maksimum yang dapat dihasilkan PV bervariasi sehingga tegangan yang keluar dari baterai menuju Rumah DC juga bervariasi.

Metode umum untuk menjaga tegangan tetap konstan adalah dengan metode Constant Voltage (CV), yaitu mengisi baterai dengan tegangan konstan sampai arus yang mengalir menurun sampai arus cut off-nya. Proses pengisian ini tidak akan menyebabkan baterai overcharging karena tegangan dijaga konstan sesuai dengan tegangan maksimalnya namun proses pengisian akan berlangsung lebih lama dari constant current. Kontrol tegangan yang pasti dan waktu pengisian yang tepat dalam metode pengisian constant voltage sangat penting untuk menjaga life time yang diharapkan dari baterai.

Untuk menjaga agar tegangan tetap konstan pada penelitian ini digunakan metode fuzzy logic controller yang terintegrasi dengan konverter DC-DC. Algoritma fuzzy memiliki efisiensi dan durasi tracking daya yang lebih baik daripada algoritma tradisional lainnya. Dengan menggunakan kontrol logika fuzzy diharapkan memperoleh duty cycle switching yang konstan berdasarkan pada kondisi dari PV serta kondisi pada beban. Ada banyak jenis konverter DC-DC, dari yang hanya menaikkan tegangan (boost converter) atau hanya menurunkan tegangan (buck converter) hingga menaikkan dan menurunkan tegangan (buck-boost converter) [2]. Untuk itu pada penelitian ini digunakan SEPIC converter yang digunakan sebagai Buck-Boost, namun perbedaannya adalah polaritas salah satu induktornya terbalik.

## II. METODE PENELITIAN

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



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

### A. Baterai

Untuk menentukan kebutuhan baterai yang akan digunakan maka perlu adanya perhitungan beban. Beban yang akan disuplai oleh baterai adalah rumah DC 200 watt. Dan diasumsikan waktu penggunaan rata – rata pada beban selama 8 jam. Dengan demikian kebutuhan arus untuk beban rumah DC 200 watt dapat diperoleh melalui persamaan arus (I), daya (P), dan tegangan (V) berikut ini [3].

$$I = \frac{P}{V} \quad (1)$$

Dimana:

I = Arus (A)

P = Daya (W)

V = Tegangan (V)

Kemudian menghitung kapasitas yang dibutuhkan untuk menyalakan rumah DC selama ± 8 jam, berikut ini adalah kapasitas baterai:

$$\text{Energi beban} = P \times t \quad (2)$$

$$\text{Kapasitas baterai} = \frac{\text{energi beban}}{V_{\text{beban}}} \quad (3)$$

Estimasi charging dimulai pada SOC 40% sampai 80%. Adapun perencanaan parameter untuk charging baterai ialah sebagai berikut:

$$\text{Energi total} = \text{total daya} \times \text{waktu} \quad (4)$$

$$\text{Energi baterai} = \text{tegangan} \times \text{kapasitas} \quad (5)$$

$$\text{Energi sisa} = \text{energi baterai} - \text{energi total} \quad (6)$$

$$\%SOC = \frac{\text{energi sisa}}{\text{energi baterai}} \quad (7)$$

### B. Photovoltaic

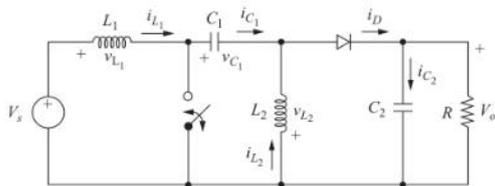
Dalam menentukan kebutuhan solar panel yang akan digunakan perlu ditentukan terlebih dahulu kebutuhan baterai dan komponen charging lainnya. Asumsi efisiensi SEPIC konverter adalah 80%

$$\text{Kebutuhan daya input} = \frac{\text{energi baterai}}{\text{efisiensi konverter}} \quad (8)$$

$$\text{Kebutuhan daya panel surya} = \frac{\text{Daya input}}{\text{lama pengisian}} \quad (9)$$

**C. SEPIC Converter**

Pada penelitian ini digunakan konverter SEPIC sebagai DC *chopper* yang akan diintegrasikan dengan *fuzzy logic*. Tegangan dan arus keluaran PV akan diproses terlebih dahulu oleh konverter SEPIC. Prinsip kerja konverter SEPIC mirip dengan konverter *Buck-Boost*, yaitu dapat menaikkan atau menurunkan tegangan DC yang diinput sesuai dengan *duty cycle* dari komponen switching [3] [4] [5]. Pada gambar 2 menunjukkan sebuah rangkaian sederhana dari konverter SEPIC, yang terdiri dari dua induktor  $L_1$  dan  $L_2$ ; *coupling capacitor*  $C_1$ ; kapasitor *output*  $C_2$ ; sakelar semikonduktor; dan dioda *output*  $D_{out}$ . Rangkaian SEPIC konverter terdapat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Gambar Rangkaian Konverter SEPIC (Sumber: Malinowski, 2019)

Adapun parameter untuk menentukan nilai komponen pada konverter SEPIC seperti yang terlihat pada **Tabel I**. Setelah itu dilakukan perhitungan dengan persamaan yang ditunjukkan pada persamaan (10) hingga (19).

Tabel I  
Parameter Konverter SEPIC

Parameter	Simbol	Nilai
Tegangan <i>input</i>	$V_{in}$	18,24 V
Tegangan <i>output</i>	$V_{out}$	14,4 V
Frekuensi	$f$	40 kHz
Arus <i>input</i>	$I_{in}$	10 A
Arus <i>output</i>	$I_{out}$	9 A

**Penentuan nilai kapasitor**

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in} + V_{out}} \tag{10}$$

$$R = \frac{V_{out}}{I_{out}} \tag{11}$$

$$\Delta V_o = 0,1\% \times V_o \tag{12}$$

$$C = \frac{V_o \times D}{R \times \Delta V_o \times f} \tag{13}$$

**Penentuan nilai induktor**

$$\Delta I_L = I_{out} \times 20\% \tag{14}$$

$$\Delta I_L = \frac{V_{in} \times D}{L \times f} \tag{15}$$

**Arus maksimum induktor**

$$I_{1Max} = I_{in} + \frac{\Delta I_L}{2} \tag{16}$$

$$I_{2Max} = I_{out} + \frac{\Delta I_L}{2} \tag{17}$$

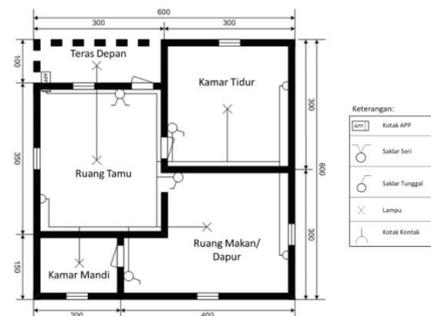
**Arus RMS induktor**

$$I_{L1} = \sqrt{I_{in}^2 + \left(\frac{\Delta I_L/2}{\sqrt{3}}\right)^2} \tag{18}$$

$$I_{L2} = \sqrt{I_{out}^2 + \left(\frac{\Delta I_L/2}{\sqrt{3}}\right)^2} \tag{19}$$

**D. Rumah DC**

Rumah DC akan dibuat berupa prototype. Prototype berasal dari bahasa latin, yaitu kata “proto” yang berarti asli dan “typus” yang berarti bentuk atau model. Sehingga prototype biasanya dibuat sebagai model untuk tujuan demonstrasi atau sebagai bagian dari proses pengembangan atau pembuatan sebuah perangkat lunak maupun perangkat keras.. Untuk perancangan rumah DC menggunakan rancangan rumah sederhana yang terdiri dari beberapa ruangan. Denah rumah dan instalasi rumah DC yang dirancang seperti **Gambar 3** dibawah ini.



Gambar 3. Denah Instalasi Rumah DC

Dengan adanya gambar instalasi, dapat mengetahui letak titik – titik peralatan listrik pada rumah. Selain itu dapat mengetahui semua lampu dan saklar beserta jalur – jalur pemasangan kabel.

Untuk beban yang akan digunakan dapat dilihat pada **Tabel II** berikut ini. Dengan adanya tabel rekapitulasi daya, maka dapat mengetahui beban apa yang akan digunakan dengan besaran daya yang akan digunakan.

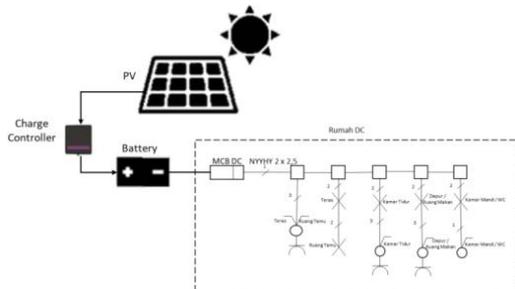
Tabel II  
Tabel Rekapitulasi Daya Rumah DC

No	Ruangan	Peralatan	Jumlah	Daya (W)
1	Teras Depan	Lampu	1	6
2	Ruang Tengah	Lampu	1	6
		TV DC	1	10
3	Kamar Tidur	Lampu	1	6
		Kipas DC	1	18
4	Ruang Makan/Dapur	Lampu	1	6
		Kotak Kontak	1	100

No	Ruangan	Peralatan	Jumlah	Daya (W)
5	Kamar Mandi	Lampu	1	4
Total Daya				156



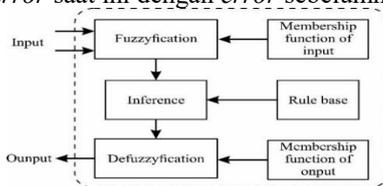
Gambar 4. Rekapitulasi Daya Rumah DC



Gambar 5. Single Line Sistem Rumah DC

### E. Fuzzy Logic

Pada perancangan fuzzy terdapat beberapa tahap yaitu *fuzzification*, *inference*, *defuzzification*. Secara umum bagian dari fuzzy ditunjukkan pada Gambar 6 masukan algoritma fuzzy berupa E (error) dan ΔE (delta error). Nilai error diperoleh dari selisih antara tegangan keluaran konverter SEPIC dan *setpoint*. Dan nilai *delta error* diperoleh dari selisih antara nilai error saat ini dengan error sebelumnya.



Gambar 6. Blok Diagram Fuzzy

$$E(k) = \frac{P(k) - P(k-1)}{V(k) - V(k-1)} \quad (20)$$

$$\Delta E(k) = E(k) - E(k-1) \quad (21)$$

Pada persamaan (20) dimana E(k) adalah nilai Error dan (k) adalah sampling time, E(k-1) adalah nilai Error dengan (k-1) adalah sampling time, dan pada persamaan (21) ΔE(k) sebagai perubahan nilai Error.

- 1) *Fuzzifikasi*: Proses untuk memetakan nilai masukan sistem kedalam fungsi keanggotaan untuk menentukan resultan nilai kebenaran untuk setiap label. Fungsi keanggotaan *input* dan *output* pada sistem menggunakan segitiga *full* simetris dan trapesium. Fungsi keanggotaan *input* terdiri dari dua bagian yaitu variabel *input*

*error* (E), variabel *input delta error* ΔE, dan fungsi keanggotaan *output* terdiri dari variabel *output duty cycle*.

- 2) *Inference*: Pada tahap ini adalah proses untuk menentukan nilai parameter dari *rule base* (nilai kebenaran). *Rule base* digunakan untuk menentukan aksi kontrol yang diinginkan sesuai dengan *plant* yang direncanakan. Pada Tabel III merupakan aturan *rule base* logika fuzzy.

Tabel III  
Aturan Rule Base Logika Fuzzy

E/ΔE	DNB	DNM	DNS	DZ	DPS	DPM	DPB
ENB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	Z
ENM	NB	NB	NB	NM	NS	Z	PS
ENS	NB	NB	NM	NS	Z	PS	PM
EZ	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
EPS	NM	NS	Z	PS	PM	PB	PB
EPM	NS	Z	PS	PM	PB	PB	PB
EPB	Z	PS	PM	PB	PB	PB	PB

- 3) *Defuzzifikasi*: Proses untuk mengubah *output* fuzzy menjadi *crisp value* berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. *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, seperti pada persamaan (22).

$$x^* = \frac{\sum_{i=1}^m x_i}{m} \quad (22)$$

Dimana :

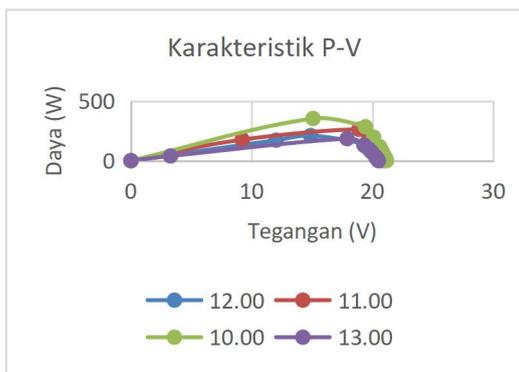
$x^*$  = Nilai crisp

$x_i$  = Derajat keanggotaan dari  $x^*$

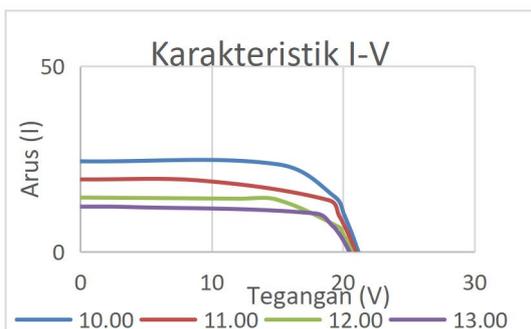
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pengujian Karakteristik Panel Surya

Untuk mengetahui kemampuan panel surya dalam menghasilkan daya yang maksimal maka dilakukan pengujian karakteristik panel surya dengan cara memberikan beban maksimal pada panel surya, sehingga daya yang dihasilkan pada panel surya akan mengambil titik operasi I-V secara maksimal.



Gambar 7. Kurva karakteristik daya terhadap tegangan (P-V)



Gambar 8. Kurva karakteristik arus terhadap tegangan (I-V)

Gambar 7 dan Gambar 8 merupakan kurva hasil pengujian karakteristik panel surya 400WP. Pada pengujian panel surya tersebut dilakukan pengambilan data dengan perbedaan waktu setiap 1 jam dimulai dari pukul 10:00 hingga pukul 13:00. Dapat diketahui bahwa daya tertinggi yang dihasilkan panel surya yang disusun secara paralel pada saat jam 10:00 dengan nilai daya 355,2 watt. Kemudian dari pukul 13:00 daya yang dihasilkan mulai turun hingga 185,3 Watt. Dari hasil yang diperoleh terlihat bahwa semakin bertambahnya waktu kurva yang dihasilkan semakin menjauh dari nominal hal tersebut diakibatkan karena perubahan intensitas cahaya dan suhu yang diterima oleh panel surya. Pengujian karakteristik panel surya tersebut dilakukan dengan mengabaikan iradiasi dan suhu pada panel surya.

### B. Pengujian Konverter SEPIC

Pengujian konverter SEPIC bertujuan untuk mendapatkan data fungsi konverter pada setiap *duty cycle*. Pengambilan data fungsional bertujuan untuk melihat apakah kinerja konverter dapat dioperasikan sesuai teori. Hasil pengujian SEPIC Converter menunjukkan bahwa besar kecilnya nilai *duty cycle* yang digunakan untuk mengontrol SEPIC Converter mempengaruhi nilai tegangan output SEPIC Converter. Hal ini ditunjukkan pada **Tabel IV** dan **Tabel V**.

Tabel IV

Hasil pengujian SEPIC konverter dengan *duty cycle* yang berubah

Duty cycle	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)
10	14,6	0,21	21,61
20	14,6	2,34	22,97
30	14,6	3,83	23,24
40	14,6	4,38	24,56
50	14,6	5,58	25,34
60	14,6	6,57	26,75

Tabel V

Hasil pengujian SEPIC konverter dengan Tegangan input

Duty cycle	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)
10	10,27	0,1	22,77
10	11,16	0,19	21,45
10	12,03	0,19	21,71
10	13,58	0,21	21,61
10	14,38	0,35	21,18
10	15,46	0,48	21,94

variabel

### C. Pengujian Open Loop

Pengujian *open loop* dilakukan untuk melihat performa rangkaian sebelum dipasang kontrol dalam proses pelacakan daya maksimum panel surya. Syarat tercapainya daya maksimum panel surya adalah dengan perolehan nilai error yang sama dengan nol.

Pengujian *open loop* dilakukan dengan sumber panel surya dimana nilai variasi tegangan masukan bergantung pada hasil keluaran nilai panel surya dan nilai *duty cycle* sebesar 40% dengan menggunakan beban resistor dan baterai. Untuk data pengujian integrasi *open loop* berbasis *hardware* dengan beban resistor dan baterai dapat dilihat pada **Tabel VI** dan **Tabel VII**.

Tabel VI

Pengujian open loop beban resistor

Duty cycle	Jam	Vin (V)	In (A)	Vout (V)	Iout (A)
40	10.00	17,9	9,75	13,9	4,89
	10.30	18,0	9,93	14,0	5,01
	11.00	18,1	10,0	14,1	5,11
	11.30	17,9	9,91	13,8	4,98
	12.00	18,0	10,0	14,0	5,1
	12.30	18,2	10,1	14,2	5,26
	13.00	18,1	10,0	14,1	5,14
	13.30	17,9	9,72	13,8	4,98
	14.00	17,8	9,64	13,7	4,93
	14.30	17,5	9,57	13,6	4,81

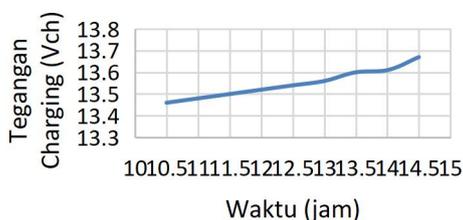
Dari hasil pengujian *open loop* menggunakan beban resistor dengan nilai *duty cycle* adalah 40% dari jam 10.00 hingga jam 14.30 didapatkan nilai tegangan keluaran yang

belum mencapai set point, yakni 14,4 V. Kemudian pengujian *open loop* dengan beban baterai nilai duty cycle tetap sebesar 40% baterai ini nantinya akan digunakan sebagai sumber untuk Rumah DC dengan melakukan pengisian baterai sebelum digunakan.

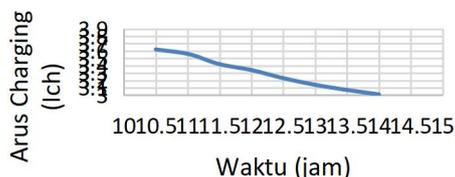
Tabel VII  
Pengujian open loop beban baterai

Duty cycle	waktu	Vin (V)	Iin (A)	Vch (V)	Ich (A)
40	10.30	14,87	7,27	13,46	3,76
	11.00	15,14	7,31	13,48	3,62
	11.30	15,53	7,52	13,5	3,56
	12.00	15,67	7,55	13,52	3,42
	12.30	15,97	8,5	13,54	3,34
	13.00	16,01	8,11	13,56	3,23
	13.30	16,47	7,94	13,6	3,14
	14.00	16,61	7,7	13,61	3,07
	14.30	17,32	7,61	13,67	3,01

Dari **Tabel VII** hasil pengujian *open loop* menggunakan sumber panel surya dengan beban baterai yang dilakukan selama 4 jam dapat dilihat saat proses charging nilai tegangan akan semakin meningkat sedangkan nilai arus akan semakin turun. Hal ini sesuai dengan karakteristik baterai. Untuk kurva karakteristik tegangan dan arus charging ditunjukkan pada **Gambar 9** dan **Gambar 10**.



Gambar 9. Kurva karakteristik Tegangan charging terhadap waktu



Gambar 10. Kurva karakteristik Arus charging terhadap waktu

Dari kurva pada **Gambar 9** dan **Gambar 10** diatas dapat dilihat bahwasanya saat proses charging nilai tegangan akan semakin meningkat seiring berjalannya waktu, sedangkan nilai arus akan semakin turun, hal ini berarti sesuai dengan karakteristik baterai.

#### D. Pengujian Close Loop

Pengujian *close loop* (rangkain tertutup) merupakan pengujian keseluruhan sistem menggunakan kontrol. Dengan sumber panel surya, kemudian tegangan keluaran panel surya akan diatur konverter SEPIC menggunakan kontrol logika fuzzy. Pengujian *close loop* menggunakan beban baterai. Untuk tegangan keluaran panel surya akan diatur oleh SEPIC konverter menggunakan kontrol logika fuzzy. Pengambilan data dilakukan berdasarkan waktu.

Tabel VII  
Pengujian Close loop

Waktu	Vin (V)	Iin (A)	Vch (V)	Ich (A)
10.30	11,6	1,99	13,1	1,81
11.00	15,93	4,78	14,26	4,32
11.30	16,19	4,906	14,44	4,45
12.00	16,39	5,4	14,46	4,94
12.30	16,43	5,08	14,64	4,63
13.00	16,6	4,93	14,79	4,53
13.30	16,77	4,98	14,92	4,59
14.00	16,8	5,83	14,4	5,3
14.30	17,22	6,66	14,83	6,09

Pada **Tabel VII** hasil data pengujian *close loop* dengan beban baterai menunjukkan bahwa logika fuzzy yang didesain dapat berjalan dengan menjaga tegangan keluaran cukup konstan. Dan saat tracking duty cycle untuk respon tegangan keluaran membutuhkan waktu sehingga perubahannya lambat.

#### IV. SIMPULAN

Desain ini digunakan untuk prototipe rumah DC 12 V/200 watt. Rumah DC tersebut akan digunakan sebagai pengembangan produk. Untuk hasil pengujian karakteristik panel surya dapat menghasilkan daya maksimal sebesar 355,2 watt dengan nilai tegangan sebesar 15,08 volt dan arus sebesar 23,56 A. *SEPIC Converter* yang telah dibuat dan dilakukan pengujian dapat bekerja secara fungsional menurunkan tegangan serta menaikkan tegangan. Dari hasil pengujian dengan variasi *duty cycle* berubah dengan range tegangan *input* sebesar 10-15 Volt menunjukkan bahwa nilai perubahan meningkatnya nilai *duty* dari 10% sampai pada 60% juga meningkatkan nilai tegangan keluaran Hasil dari pengujian *open loop* dengan beban resistor dan baterai menunjukkan hasil yang cukup baik. Sedangkan hasil dari *close loop* dengan menggunakan

kontrol logika fuzzy, telah berkerja dan dapat menjaga tegangan keluaran konverter stabil saat iradiasi dan suhu berubah – ubah. Bisa dikatakan berkerja namun masih terdapat kekurangan dan permasalahan saat proses tracking duty untuk mencapai setpoint. Perbedaan antara pengujian open loop dan close loop yaitu saat open loop tegangan keluarannya tidak bisa mencapai tegangan charging baterai, yakni 14,4 V. Sedangkan pada pengujian close loop menggunakan logika fuzzy tegangan charging baterai mencapai setpoint dan tegangan keluaran konverter lebih stabil walaupun saat proses tracking duty untuk mencapai setpoint membutuhkan waktu.

## REFERENSI

### Buku:

- [1] Krishna Veer Singha, Hari Om Bansala, Dheerendra Singh 2020. “Hardware-in-the-loop Implementation of ANFIS based Adaptive SoC Estimation of Lithium-ion Battery for Hybrid Vehicle Applications”. Power Electronics & Drives Lab, Department of Electrical and Electronics Engineering, Birla Institute of Technology and Science, Pilani, Rajasthan, India
- [2] Mrs. J. J. Joseph, Dr. F. T. Josh, R. Lamare, and B. V. Mathew, “Analysis of Power Electronic Converters for Electric Vehicle Applications,” International Conference on Physics and Photonics Processes in Nano Sciences, pp. 1-10, 2019.
- [3] J. Falin, “Designing DC/DC Converters based on ZETA Topology,” Texas
- [4] M. Effendy, N. A. M. and K. Hidayat, "IMPLEMENTASI TEKNOLOGI MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) PADA SOLAR SEL BERBASIS FUZZY LOGIC CONTROLLER," SENTRA, 2016.
- [5] Rafael Sianipar. 2014. “Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya”. Universitas Trisakti. Jakarta.
- [6] D. W. Hart, Power electronics. New York: McGraw-Hill, 2011
- [7] Fausto Cavallaro, “A Takagi-Sugeno Fuzzy Inference System for Developing a Sustainability Index of Biomass”, Department of Economics, Management, Society and Institutions (EGSI), University of Molise, Via De Sanctis, 86100 Campobasso, Italy

### Bagian dari Buku:

- [1] Berliana Rahma Putri. 2019. Buku Proyek Akhir “Rancang Bangun SEPIC konverter Untuk Smartlamp Dengan Sumber panel surya”. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. 2020.
- [2] Moch. Igam Rahadyan. 2021. Buku Proyek akhir “Desain dan Implementasi SEPIC konverter untuk Fast Charging Baterai Lithium-Ion dengan Logika Fuzzy”. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. 2020.
- [3] M. Malinowski, J. I. Leon, and H. Abu-Rub, “PHOTOVOLTAIC ENERGY SYSTEMS,” in Power Electronics in Renewable Energy Systems and Smart Grid, 1st ed., B. K. Bose, Ed. Wiley, 2019, pp. 347–389.
- [4] “What Is Photovoltaics?,” in The Solar Generation, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2018, pp. 9–24. doi: 10.1002/9781119425618.ch2.
- [5] J. Al-Kausar and A. S. Handayani, “Perbandingan Type-1 Fuzzy Logic System (T1FLS) dan Interval Type-2 Fuzzy Logic System (IT2FLS) pada Mobile Robot,” p. 5, 2018.
- [6] H.Suryoatmojo, F. A. Hazmi, D. C. Riawan and R. Mardiyanto, “Desain MPPT Berbasis Kontrol Logika Fuzzy Untuk Aplikasi Pesawat Terbang Tanpa Awak Bertenaga Surya,” APPROACH, Aviation Technology Journal, vol 1, no. 2, pp. 40-48, 2017.
- [7] A. Meylani and A. S. Handayani, “Perbandingan Kinerja Sistem Logika Fuzzy Tipe-1 dan Interval Tipe-2 pada Aplikasi Mobile Robot,” vol. 3, no. 1, p. 6, 2017.

- [8] R. R. Jha dan S. C. Srivastava, "Fuzzy Logic and ANFIS controller for grid integration of Solar PhotoVoltaic," dalam 2016 IEEE 6th International Conference on Power Systems (ICPS), New Delhi, India, Mar 2016, hlm. 1–6, doi: 10.1109/ICPES.2016.7584093.
- [9] E. Vuthchhay, and C. Bunlaksananusorn, "Dynamic Modeling of a Zeta Converter with StateSpace Averaging Technique", Proceedings of ECTI-CON, pp. 969-972, 2008.
- [10] Muhammad H. Rasyid, Power electronic circuit. Devices and Applicatoins, second edition, Prentice-hall international, Inc, 1993.

**Jurnal:**

- [1] Tresna Umar Syamsuri, Hendro Buwono, Rahma Nur Amalia. 2019. "Aplikasi Mikrokontroler Dalam Sistem Kontrol Dan Monitoring Energi Listrik". Politeknik Negeri Malang. Malang.
- [2] Mohammad Taufik dan Taufik. 2018. "Prototype Rumah Dc Jatinangor Sebagai Sumber Listrik Pedesaan" Universitas Padjadjaran dan Cal Poly State University, USA.
- [3] Mohamad Arif B, Triwahju Hardianto, Bambang Sri Kaloko, Moch. Gozali, dan Bambang Sujanarko. 2019. "Rancang Bangun SEPIC konverter Untuk Panel Surya Dengan MPPT Incremental Conductance Sebagai Pengisian Baterai Sepeda Listrik". Universitas Jember. Jember.
- [4] Ned Mohan, Power Electronics, konverters, Applications, and Design, University of Minnesota Minneapolis, MN USA :John Wiley & Sons, Inc