

Implementasi Konverter Berbasis SEPIC pada Modul Solar Panel dengan Algoritma *Fuzzy Logic*

Patria Dwin Cahyawati¹, Donny Radianto², Hari Kurnia Safitri³

e-mail: patriasugiono@gmail.com, donny.radianto@polinema.ac.id, hari.kurnia@polinema.ac.id

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

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 26 Juli 2023

Direvisi 24 Agustus 2023

Diterbitkan 30 September 2023

Kata kunci:

Modul solar panel
SEPIC konverter
Fuzzy Logic kontrol

Keywords:

Solar panel module
SEPIC converter
Fuzzy logic control

Penulis Korespondensi:

Patria Dwin Cahyawati,
Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Malang,
Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65141.
Email: patriasugiono@gmail.com

ABSTRAK

Sumber energi matahari salah satu energi terbarukan yang ramah lingkungan dan dapat dijadikan sebagai energi alternatif. Dengan menggunakan modul solar panel, maka energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik. Terdapat dua parameter yang mempengaruhi keluaran modul solar panel yaitu intensitas radiasi matahari dan temperatur yang mengakibatkan keluaran dari modul solar panel tidak stabil. Pada sistem pengisian aki memerlukan keluaran yang stabil pada 14 V. Untuk menstabilkan tegangan keluaran dari modul solar panel digunakan konverter berjenis SEPIC (*Single Ended Primary Inductance*). Agar keluaran lebih optimal, maka sistem menggunakan metode *fuzzy logic* kontrol mamdani. Pengambilan data pengujian dilakukan sebanyak 2 kali pada hari yang berbeda. Dari data hasil pengujian, tegangan masukan bervariasi dari 13.4 V sampai 17 V yang menghasilkan nilai tegangan keluaran mendekati atau sama dengan *setpoint*. Durasi pengisian aki yaitu 3 jam dengan tegangan sebelum pengisian sebesar 11.5 V dan tegangan setelah pengisian sebesar 12.54 V. Pada saat proses pengisian aki, tegangan akan bertambah dan arus akan semakin kecil ketika aki penuh. Dengan metode dan rangkaian konverter yang digunakan tersebut diharapkan tegangan *output* pada solar panel akan stabil untuk melakukan pengisian pada aki.

ABSTRACT

Solar energy is one of the renewable energy sources that is environmentally friendly and can be used as alternative energy. By using a solar panel module, solar energy can be converted into electrical energy. There are two parameters that affect the output of the solar panel module, namely the intensity of solar radiation and temperature which causes the output of the solar panel module to be unstable. The battery charging system requires a stable output at 14 V. To stabilize the output voltage from the solar panel module, a SEPIC (Single Ended Primary Inductance) type converter is used. In order to optimize the output, the system uses the fuzzy logic control method. Test data collection was carried out 2 times on different days. From the test results data, the input voltage varies from 13.4 V to 17 V which results in an output voltage value close to or equal to the setpoint. The duration of charging the battery is 3 hours with a voltage before charging of 11.5 V and a voltage after charging of 12.54 V. During the battery charging process, the voltage will increase and the current will decrease when the battery is full. With the method and converter circuit used, it is hoped that the output voltage on the solar panel will be stable to charge the battery.



No. HP/WA Aktif: +62 822 3226 5507

1. PENDAHULUAN

Sumber energi matahari merupakan salah satu energi terbarukan yang ramah lingkungan dan menarik untuk terus dikembangkan. Salah satu alternatif yang populer yaitu energi listrik dari sinar matahari dengan menggunakan modul solar panel. Modul solar panel merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek *foto voltaic*[1]. Modul solar panel dapat digunakan sebagai penghasil energi listrik yang disimpan dalam sebuah Aki. Alternatif tersebut dapat menjadi solusi untuk mengurangi ketergantungan manusia akan bahan bakar fosil dalam memenuhi kebutuhan listrik khususnya di Indonesia [2]. Saat ini pilihan sumber energi matahari dapat dijadikan sebagai alternatif pilihan utama karena ketersediaan yang melimpah. Dalam penerapannya, daya dan efisiensi keluaran dari modul solar panel sangat bergantung pada perubahan intensitas radiasi matahari [3]. Pengaruh perubahan intensitas radiasi matahari dan temperatur pada modul solar panel mengakibatkan output tegangan yang dihasilkan tidak stabil. Untuk mendapatkan tegangan keluaran yang stabil dibutuhkan sebuah konverter yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan keluaran dari modul solar panel. Konverter yang dapat digunakan dalam permasalahan tersebut yaitu konverter berjenis SEPIC (*Single Ended Primary Inductance Converter*).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, untuk melacak daya maksimum dari modul solar panel digunakan metode *perturbation observer* yang dimodifikasi. Metode pelacakan ini dibuat untuk menghasilkan modulasi pulsa dengan frekuensi 62,5 KHz yang berfungsi untuk mengatur konverter berbasis SEPIC dengan menerima tegangan masukan dari modul photovoltaic serta menghasilkan tegangan keluaran yang dapat digunakan untuk mengisi baterai (*accu*) yang dapat diintegrasikan untuk menghasilkan tegangan AC melalui inverter. Penggunaan SEPIC sebagai pengkondisi sinyal ini karena memiliki keuntungan dimana tegangan keluaran yang dihasilkan tidak dibalik, seperti pada rangkaian konverter buck-boost[4].

Dalam aplikasinya modul solar panel masih memiliki kekurangan, yaitu efisiensi keluaran yang rendah dikarenakan kurva karakteristik V-I modul solar panel yang tidak linier terhadap beban dan tegangan keluaran yang dihasilkan solar PV tidak stabil. Untuk menstabilkan tegangan keluaran dari modul solar panel maka digunakan SEPIC (*Single Ended Primary Inductance Converter*). Penelitian ini membahas tentang pembuatan SEPIC konverter yang berfungsi menaikkan dan menurunkan tegangan keluaran agar tetap stabil 14 Volt dengan frekuensi *switching* 31 kHz. Pada pengujian SEPIC konverter menunjukkan bahwa besar tegangan keluaran dipengaruhi oleh *duty cycle*. Untuk nilai tegangan keluaran minimal yang dihasilkan SEPIC konverter adalah 1,2 Volt pada *duty cycle* 5% sedangkan nilai tegangan maksimum sebesar 37,6 Volt pada *duty cycle* 50%[5].

Selain itu, terdapat penelitian yang merancang sebuah purwarupa konverter sepic beserta sistem kendali tegangan *outputnya*. Purwarupa konverter yang dirancang memiliki spesifikasi daya maksimum 35 dan tegangan *output* yang dihasilkan mendekati *set point*. Hal ini dicapai karena *fuzzy logic control* yang dirancang bekerja dengan baik dan mampu mengendalikan nilai *duty cycle*, dimana dari hasil pengujian menggunakan *fuzzy logic control* yang dirancang pada saat *transient, rise time* yang dicapai yaitu 11.1 ms dengan *settling time* 120 ms, *overshoot* sebesar 16.4 V, dan *steady state error* sebesar ± 0.3 V atau 0.05 % dari *set point*. *Fuzzy logic control* yang dirancang pun cukup tangguh terhadap disturbance yang disebabkan oleh perubahan beban[6].

Pengaplikasian SEPIC konverter yang lain adalah pada sistem pengisian baterai *Lead-Acid* 48 V 45 Ah. Kontrol yang digunakan saat sistem *charging close loop* merupakan kontrol *Fuzzy Logic* dengan metode yang digunakan adalah metode Mamdani. Nilai *error* pada tegangan keluaran sistem *close loop* dengan kontrol *fuzzy Logic* lebih kecil yaitu 1,05% dari respon kontrol PI dengan *error* pada tegangan keluaran sebesar 1,56%. Waktu yang diperlukan untuk mencapai *steady state* pada sistem dengan kontrol *fuzzy Logic* lebih singkat sebesar 0,012 detik dari pada menggunakan kontrol PI dengan waktu sebesar 0,026 detik[7].

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dapat digunakan sebagai landasan dasar pada perancangan SEPIC konverter yang akan digunakan untuk menstabilkan tegangan keluaran dari modul solar panel. Dalam sistem yang dibuat, untuk mengoptimalkan hasil keluaran dari SEPIC konverter ditambahkan metode *fuzzy logic* sebagai pengontrol kestabilan tegangan keluaran dari modul solar panel, serta monitoring tegangan dan arus menggunakan blynk agar pemantauan kinerja sistem lebih mudah. Saat tegangan keluaran dari modul solar panel

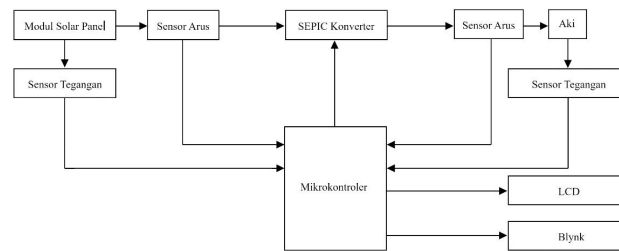
p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



dihubungkan pada masukan SEPIC konverter, diharapkan *fuzzy logic* dapat bekerja sesuai dengan perancangan dan tegangan keluaran yang dihasilkan stabil pada 14 V untuk proses pengisian aki.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Perancangan Sistem



Gambar 1: Blok Diagram Sistem

Gambar 1 menunjukkan blok diagram sistem yang digunakan pada penelitian. *Input* pada sistem berasal dari modul solar panel. Modul solar panel akan merubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Sensor tegangan dan sensor arus yang telah dipasang pada output modul solar panel akan mendeteksi tegangan dan arus yang dihasilkan oleh modul solar panel. Pada sistem ini SEPIC konverter diperlukan karena keluaran dari modul solar panel tidak stabil. SEPIC konverter mengatur besarnya tegangan keluaran berdasarkan *duty cycle*. Tegangan keluaran dari SEPIC konverter dikontrol menggunakan *fuzzy logic* agar diperoleh kestabilan tegangan yang akan masuk pada sistem pengisian aki. LCD digunakan untuk menampilkan tegangan dan arus yang dihasilkan dari modul solar panel. Blynk yang terhubung pada mikrokontroler digunakan untuk memonitoring arus dan tegangan selain tampilan LCD. Sistem monitoring ini dapat dilakukan secara *mobile* dengan menggunakan *smartphone* dari jarak jauh.

2.2 Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari modul solar panel, box panel, dan tiang penyangga seperti pada Gambar 2.



Gambar 2: Desain Mekanik

2.3 Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan

Sensor tegangan pada penelitian ini menggunakan rangkaian pembagi tegangan. Sensor ini digunakan untuk mengetahui nilai tegangan yang dihasilkan dari *output* modul solar panel dan nilai tegangan dari *output* SEPIC konverter. Tegangan *input* yang dirancang pada rangkaian pembagi tegangan yaitu 0–30 Volt dari *output* modul solar panel. Tegangan kerja yang dapat digunakan pada mikrokontroler ESP32 sebesar 0–3.3 Volt[8]. Sedangkan untuk nilai resistansi pada R1 ditentukan sebesar 18 K Ω . Untuk perhitungan pada rangkaian pembagi tegangan menggunakan persamaan (1). Adapun hasil perhitungan pada perancangan sensor tegangan sebagai berikut:



$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in} \tag{1}$$

$$3.3 = \frac{R_2}{18000 + R_2} \times 30$$

$$3.3 R_2 + 59400 = 30 R_2$$

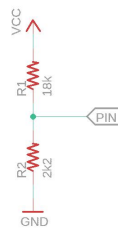
$$30 R_2 + 3.3 R_2 = 59400$$

$$26.7 R_2 = 59400$$

$$R_2 = \frac{59400}{26.7}$$

$$R_2 = 2224,7191 \Omega$$

Dari perhitungan di atas, nilai resistansi $R_2 = 2224,7191 \Omega$. Nilai resistansi tersebut tidak tersedia dipasaran, sehingga nilai resistansi untuk R_2 yang digunakan sebesar 2200Ω . Rangkaian sensor tegangan dengan prinsip pembagi tegangan terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3: Rangkaian Sensor Tegangan

2.4 Perancangan SEPIC Konverter

Rangkaian SEPIC konverter merupakan rangkaian utama yang digunakan pada alat ini. Rangkaian ini dapat mengubah tegangan DC ke DC menjadi tingkat yang lebih tinggi atau lebih rendah [9]. Sehingga SEPIC konverter pada alat berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan dari keluaran modul solar panel yang tidak stabil. Kestabilan tegangan keluaran SEPIC konverter sangat diperlukan karena pada proses pengisian aki tegangan yang digunakan harus stabil di 14 V agar tidak terjadi *over charging*. Pada TABEL I terdapat spesifikasi modul solar panel 50WP yang digunakan dalam penelitian dan TABEL II merupakan parameter yang digunakan dalam merancang SEPIC konverter.

TABEL I: SPESIFIKASI MODUL SOLAR PANEL 50 WP

Spesifikasi	Nilai
Module type	SP1-18M
Maximum Power (P.Max)	100-Watt Peak
Type Cell	Monocrystalline
Voltage at P. Max (Vmp)	18.2 V
Current at P.Max (Imp)	2.75 A
Short Circuit Current (Isc)	2.91 A
Open Circuit Voltage (Voc)	22.3 V
Maximum System Voltage	700Vdc



TABEL II: PARAMETER SEPIC KONVERTER

Spesifikasi	Nilai
Tegangan Masukan	14 V – 24 V
Tegangan Keluaran	14 V
Arus Keluaran	2A
Frekuensi	25 KHz

Parameter yang digunakan dalam merancang SEPIC konverter dapat ditentukan berdasarkan spesifikasi modul solar panel yang digunakan pada table I. Sehingga rancangan perhitungan yang digunakan dalam rangkaian SEPIC konverter seperti berikut[10].

a. Perhitungan *duty cycle*

Untuk menentukan nilai *duty cycle*, tegangan keluaran dan tegangan masukan dapat dilihat dari TABEL II.

$$D = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in} + V_{out} + V_D} \tag{2}$$

$$D_{(max)} = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in\ min} + V_{out} + V_D} = \frac{14 + 0.7}{14 + 14 + 0.7} = 0.51 = 51\%$$

$$D_{(min)} = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in\ max} + V_{out} + V_D} = \frac{14 + 0.7}{24 + 14 + 0.7} = 0.38 = 38\%$$

b. Menentukan Induktor

Pemilihan induktor dapat dilakukan dengan menentukan ΔI_L (arus ripple induktor) terlebih dahulu dengan persamaan 3.

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

$$\Delta I_L = 2 \times \frac{14}{14} \times 40\% = 0.8\ A$$

Untuk menentukan arus puncak $L1$ dapat dihitung dengan persamaan 4 berikut.

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

$$IL1(peak) = 2 \times \frac{14 + 0.7}{14} \times (1 + \frac{40\%}{2}) = 2.52\ A$$

Kemudian untuk menentukan arus puncak $L2$ dapat dihitung dengan persamaan 5 berikut.

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

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

Setelah ΔI_L (arus ruple induktor) diketahui, maka dapat ditentukan besar nilai induktor dengan persamaan 6.

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

$$L = L1 = L2 = \frac{14 \times 0.51}{0.8 \times 30000} = 297.5\ \mu H$$

Nilai induktor pada perhitungan sebesar $297.5\ \mu H$, sedangkan nilai induktor yang digunakan pada rangkaian sebesar $300\ \mu H$.

c. Menentukan MOSFET

Untuk menentukan tipe MOSFET yang cocok, perhitungan seperti persamaan 7.

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



$$IQ1(peak) = 10.44 + 3.6 = 14.04 A$$

Arus RMS dapat ditentukan dengan persamaan 8.

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

$$IQ1(rms) = 2 \times \sqrt{\frac{14 + 14 + 0.7 \times (14 + 0.7)}{14^2}} = 2.94 A$$

Batas tegangan maksimal yaitu $V_{in(min)} + V_{out} = 14 + 14 = 28 V$. Dari perhitungan arus puncak dan arus rms serta tegangan maksimal, maka dipilih MOSFET IRF540N. MOSFET ini dapat digunakan pada sistem karena memiliki V_{ds} maksimal 100V dengan I_{ds} maksimal 33A dan R_{ds} yang kecil sebesar 0.077Ω . Nilai R_{ds} yang semakin kecil dapat meminimalisir besar daya *losses* pada MOSFET.

d. Menentukan Kapasitor

Dalam perhitungan pemilihan kapasitor, tegangan ripple diasumsikan 2% dari tegangan output, sehingga tegangan ripple dapat dihitung menggunakan persamaan 9.

$$V_{ripple} = 2\% \times 14V = 0.28 V \quad (9)$$

Jika tegangan ripple telah diketahui, maka penentuan nilai kapasitor dapat dihitung dengan persamaan 10.

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

e. Menentukan Dioda

Untuk menentukan nilai diode, output diode harus dipilih untuk mengatasi adanya arus *peak* dan tegangan *reverse*. Dalam SEPIC konverter, arus puncak pada dioda sama dengan arus puncak $IQ1(\text{puncak})$. Sehingga tegangan reverse minimum diode yang harus ditahan dapat dihitung dengan persamaan 11.

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

2.5 Perancangan Metode *Fuzzy Logic*

Fuzzy logic kontrol digunakan sebagai metode kontrol yang difungsikan untuk mengatur kestabilan dari tegangan keluaran SEPIC konverter. Jenis *fuzzy logic* kontrol yang digunakan dalam perancangan yaitu mamdani. Tahapan dalam perancangan *fuzzy logic* kontrol mamdani sebagai berikut:

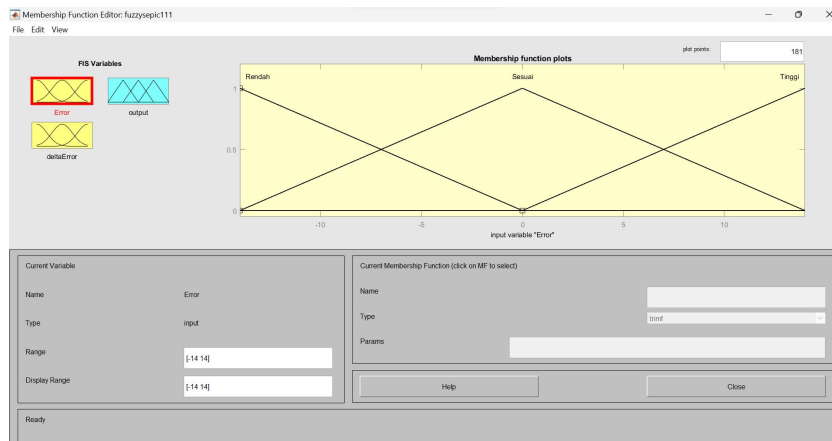
a. Menentukan negatif *input* dan negatif *output*

Negatif *input* untuk *fuzzy logic* kontrol yaitu *error* dan *delta error*. *Error* merupakan selisih antara tegangan keluaran SEPIC konverter dengan *setpoint*. *Delta error* merupakan selisih *error* sekarang dengan *error* sebelumnya. Variabel keluarannya adalah sinyal negatif yang akan mempengaruhi besarnya perubahan nilai tegangan.

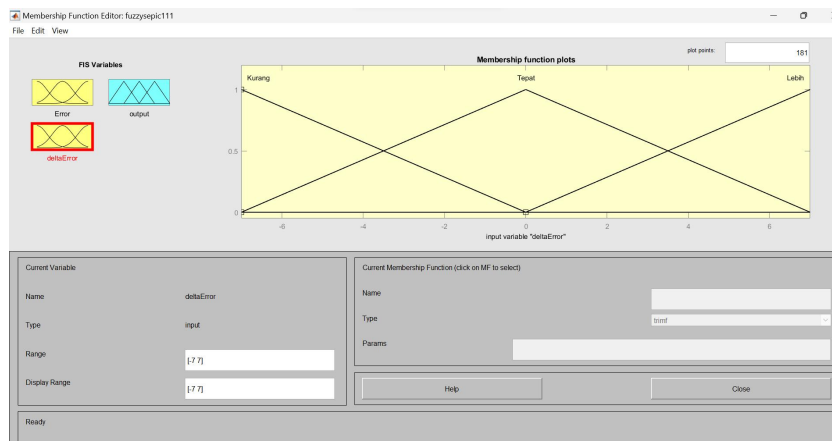
b. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan tahapan dalam pembuatan himpunan keanggotaan pada *input error* dan *delta error*. Keanggotaan pada *membership function error* dibagi menjadi 3, yaitu rendah, sesuai, dan tinggi. Sedangkan keanggotaan pada *membership function error* yaitu kurang, tepat dan lebih. Keanggotaan *membership function output* dibagi menjadi 3, yaitu kecil, sedang, dan besar. *Setpoint* yang ditentukan sebesar 14 Volt, nilai *setpoint* tersebut digunakan sebagai acuan dalam kontrol agar tetap stabil. Kontrol *fuzzy* akan memproses selisih tegangan terukur dari sensor tegangan dengan tegangan referensi dan hasilnya menjadi *error* (E). Kemudian kontrol akan memproses selisih antara nilai *error* (E) tersebut dengan nilai *error* sebelumnya. *Membership function* untuk *input* dan *output* ditunjukkan pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.

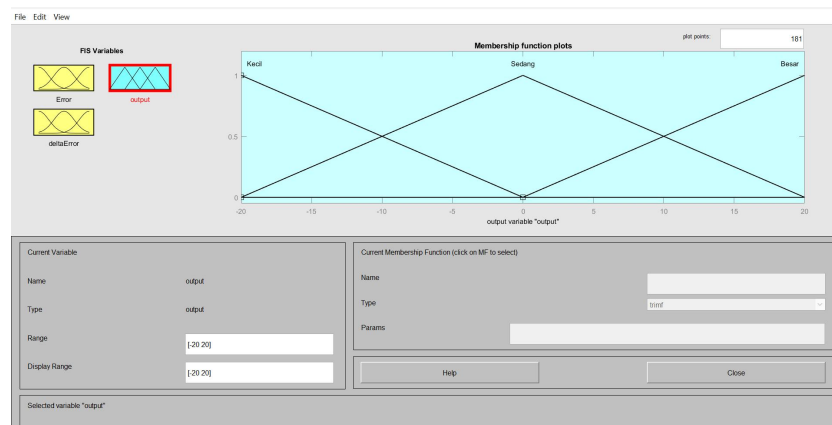




Gambar 5: *Membership Function* Inpur *Error* pada SEPIC Konverter



Gambar 6: *Membership Function* Delta *Error* pada SEPIC Konverter



Gambar 7: *Membership Function* output pada SEPIC Konverter

c. Inference

Tahap ini merupakan tahapan pemetaan nilai derajat keanggotaan dari masing-masing *error* dan *delta error* ke dalam sebuah tabel. Tabel tersebut berisi kaidah aturan yang dipilih (*rule base*). Kaidah aturan yang digunakan ditunjukkan pada TABEL III.



TABEL III: KAIDAH ATURAN FUZZY

	E	Rendah	Sesuai	Tinggi
dE	Kurang	Kecil	Besar	Besar
	Tepat	Kecil	Sedang	Besar
	Lebih	Kecil	Besar	Besar

d. Defuzzyfikasi

Tahap defuzzifikasi merupakan tahapan terakhir dalam kontrol *fuzzy*. *Output* yang dihasilkan adalah bilangan pada domain himpunan *fuzzy*. Metode yang digunakan dalam defuzzifikasi adalah *centroid method*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan

Pengujian rangkaian sensor tegangan dilakukan sebelum menggabungkan sensor tegangan ke dalam rangkaian keseluruhan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui selisih pembacaan sensor yang masuk pada mikrokontroler dengan hasil pengukuran menggunakan multimeter. Hasil pengujian rangkaian sensor tegangan seperti pada TABEL IV berikut.

TABEL IV: HASIL PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN

V_{in} (volt)	Hasil Pengukuran		Nilai Error (%)
	Multimeter	Sensor tegangan (LCD)	
13	13	13	0 %
14	14	14	0 %
15	15	15	0 %
16	16	16	0 %
17	17	17	0 %
18	18	18	0 %
19	19	19	0 %
20	20	20	0 %
21	21	21	0 %
22	22	22	0 %

Pada pengujian sensor tegangan diperoleh nilai error rata-rata sebesar 0%. Hasil pengukuran antara device under test yang tampil pada LCD dengan voltmeter memiliki pembacaan yang sama. Pada pengujian tersebut, pengambilan data dilakukan dari tegangan 13 sampai 22 V dikarenakan tegangan kerja yang digunakan pada perancangan dari 14 sampai 24 V. Jadi dapat disimpulkan sensor tegangan yang menggunakan rangkaian pembagi tegangan dapat bekerja dengan baik.

3.2 Pengujian Rangkaian Konverter SEPIC dengan Metode *Fuzzy Logic* pada Modul Solar Panel

Pengujian keseluruhan Konverter SEPIC dengan Modul Solar Panel bertujuan untuk melihat respon rangkaian yang dirancang apakah dapat bekerja sesuai dengan sistem yang diharapkan.

a. Pengujian 1

Hasil pengujian pada terdapat pada TABEL V.



TABEL V: HASIL PENGUJIAN 1

Waktu	Tegangan <i>input</i> (V)	Arus <i>input</i> (A)	Daya <i>input</i> (Watt)	Tegangan <i>output</i> (V)	Arus <i>output</i> (A)	Daya <i>output</i> (Watt)
09.00	14.0 V	1.42 A	19.88 Watt	12.77 V	1.40 A	17.87 Watt
10.00	13.4 V	0.39 A	5.23 Watt	12.44 V	0.55 A	6.84 Watt
11.00	14.5 V	1.35 A	19.57 Watt	13.20 V	1.34 A	17.68 Watt
12.00	14.6 V	1.20 A	17.52 Watt	13.40 V	1.11 A	14.87 Watt
13.00	15.0 V	1.16 A	17.4 Watt	13.80 V	1.16 A	16.01 Watt
14.00	15.6 V	1.04 A	16.22 Watt	13.85 V	1.07 A	14.81 Watt

Pengujian keseluruhan SEPIC konverter dengan modul solar panel dilakukan pada pengisian aki 12 V 12 ah. Pengujian SEPIC konverter pada pengujian 1 diketahui bahwa tegangan *input* dari SEPIC konverter (tegangan dari modul solar panel) mengalami *drop* tegangan menjadi sekitar 14 V dikarenakan arus *charging* tinggi, sehingga tegangan pada modul solar panel akan menjadi *drop*. Pada pukul 10.00 nilai tegangan dan arus mengalami penurunan, hal ini terjadi karena kondisi cahaya matahari dalam keadaan redup. Pada pukul 11.00 nilai tegangan dan arus mengalami kenaikan karena kondisi cahaya matahari dalam keadaan normal kembali.

b. Pengujian 2

TABEL VI: HASIL PENGUJIAN 2

Waktu	Tegangan <i>input</i> (V)	Arus <i>input</i> (A)	Daya <i>input</i> (W)	Tegangan <i>output</i> (V)	Arus <i>output</i> (A)	Daya <i>output</i> (W)
09.00	17.0 V	0.80 A	13.6 Watt	13.6 V	0.79 A	10.7 Watt
10.00	17.0 V	0.81 A	13.7 Watt	13.7 V	0.73 A	10.0 Watt
11.00	16.8 V	0.78 A	13.1 Watt	13.7 V	0.73 A	10.0 Watt
12.00	16.4 V	0.86 A	14.1 Watt	13.9 V	0.67 A	9.3 Watt
13.00	16.8 V	0.75 A	12.6 Watt	13.9 V	0.60 A	8.3 Watt
14.00	15.8 V	0.62 A	9.8 Watt	14.0 V	0.45 A	6.3 Watt

Hasil pengujian pada terdapat pada TABEL VI. Data pada pengujian 2 menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan oleh panel surya mengalami peningkatan dibandingkan data pengujian hari pertama. Tegangan *output* yang dihasilkan akan terus menerus naik dari awal pengujian. Tegangan yang dikeluarkan oleh SEPIC konverter akan berkebalikan dengan arus yang dikeluarkan oleh SEPIC Konverter, dimana pada awal *charging* arus yang dihasilkan yaitu sebesar 0.79A dan akan terus turun hingga menjadi sebesar 0.45A.

3.3 Pengujian SEPIC Konverter pada Pengisian Aki

Pengujian pengisian aki menggunakan SEPIC konverter dilakukan untuk mengetahui apakah SEPIC konverter dengan metode fuzzy logic dapat dipergunakan pada pengecasan aki. Peralatan yang digunakan pada pengujian ini antara lain panel surya, SEPIC konverter dengan metode fuzzy logic, aki 12 V 12 Ah. Setelah melakukan pengujian pengisian aki dengan SEPIC konverter, data yang diperoleh ditunjukkan pada TABEL VII.

TABEL VII: HASIL PENGUJIAN RANGKAIAN PADA PENGISIAN AKI

Tegangan Aki Sebelum Pengisian	Tegangan Aki Setelah Pengisian	Durasi Pengisian
--------------------------------	--------------------------------	------------------



11.5

12.54

3 jam

Pengujian pengisian aki menggunakan SEPIC konverter dengan tegangan aki sebelum pengisian sebesar 11,85 V. Sedangkan tegangan setelah pengisian aki yaitu 12,54 V selama 3 jam. Tegangan aki akan terus bertambah pada saat proses pengisian, sedangkan arus akan semakin kecil ketika aki terisi penuh. Dari hasil pengujian tersebut, maka SEPIC konverter menggunakan metode fuzzy logic dapat berfungsi dengan baik untuk pengisian aki 12 V/12Ah.

4. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa rangkaian SEPIC konverter menggunakan metode *fuzzy logic* telah berhasil dan bekerja dengan baik. Kesimpulan yang dapat diperoleh diantaranya sebagai berikut:

1. Rangkaian SEPIC konverter yang dirancang dengan metode kontrol *fuzzy logic* dapat bekerja dengan baik yaitu mampu menstabilkan tegangan *output* dikisaran 14 V.
2. Blynk yang digunakan pada sistem monitoring mampu menampilkan data sesuai dengan nilai sesungguhnya atau nilai yang ditampilkan dalam LCD.
3. Durasi pengisian aki yaitu 3 jam dengan tegangan sebelum pengisian sebesar 11.5 V dan tegangan setelah pengisian sebesar 12.54 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 SEPIC konverter dari modul solar panel.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada kedua orang tua yang telah mendukung saya dan dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu kepada saya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Akbar Perdana dan D. Dewatama, "Desain dan Implementasi Maximum Power Point Tracking (MPPT) menggunakan Topologi Sepic Pada Solar Panel dengan Metode P&O," *Jurnal Elkolind*, vol. 8, no. 2, 2021, doi: 10.33795/elkolind.v8i2.284.
- [2] J. Bawalo, M. Rumbayan, dan N. M. Tulung, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Rumah Kebun Desa Ammat Kabupaten Kepulauan Talaud," 2021.
- [3] G. H. SITANGGANG, "PERUBAHAN EFISIENSI AKIBAT PERUBAHAN TEMPERATUR PANEL SURYA," 2022.
- [4] D. RADIANTO, H. HERWANDI, dan Y. YULIANTO, "Konverter berbasis SEPIC pada modul photovoltaik yang terintegrasi dengan inverter 1 fasa," *JURNAL ELTEK*, vol. 19, no. 2, hlm. 64, Okt 2021, doi: 10.33795/eltek.v19i2.323.
- [5] R. Fibrianti, "Rancang Bangun SEPIC (Single-Ended Primary Inductance Converter) untuk Aplikasi MPPT (Maximum Power Point Tracker) Jenis Constant Voltage (CV)," *Jurnal Teknologi Elekerika*, vol. 4, no. 2, hlm. 7, 2020.
- [6] A. I. Gemilang, I. Purnama, dan B. S. Aprillia, "REGULASI TEGANGAN PADA KONVERTER SEPIC DENGAN METODE FUZZY LOGIC FUZZY LOGIC METHOD BASED SEPIC CONVERTER VOLTAGE REGULATOR."
- [7] S. A. Zerlina *dkk.*, "Rancang Bangun Kontroler Logika Fuzzy Untuk SEPIC Pada Pengisian Baterai Lead Acid Berbasis SIMULINK," *JURNAL INOVTEK SERI ELEKTRO*, vol. 3, no. 3, hlm. 2021.
- [8] I. Widyatmika, N. P. A. W. Indrawati, I. Prastya, I. K. Darminta, I. Sangka, dan A. A. N. G. Saptaka, "Perbandingan Kinerja Arduino Uno dan ESP32 Terhadap Pengukuran Arus dan Tegangan," *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 13, no. 1, hlm. 35–47, 2021.
- [9] I. D. K. Yosa, "ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA SEPIC CONVERTER DENGAN PENGENDALI PI DAN PID," 2022.
- [10] D × T S T S, "Figure 3. SEPIC component voltages during CCM." [Daring]. Tersedia pada: <http://www.planetanalog.com/>

