

DESAIN DAN IMPLEMENTASI *BATTERY CHARGER VALVE REGULATED LEAD ACID* DENGAN *MONITORING STATE OF CHARGE* MENGGUNAKAN METODE *COULOMB COUNTING* PADA LAMPU TAMAN

Aldanur Istianingrum Ramadhani^{1*}, Moh. Zaenal Efendi², Syechu Dwitya Nugraha³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

^{1,2,3}Jalan Raya ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya

email: ¹aldanur040@gmail.com, ²zen@pens.ac.id, ³syechu@pens.ac.id

Abstract -- In the current era, the use of renewable energy is growing because it is environmentally friendly and has a relatively low investment. One of them is the use of solar cells or solar panels that have an unlimited source of sunlight. Solar panels have the advantage that maintenance is very minimal and has a long life time. The use in everyday life of solar panels by converting solar energy in the form of heat is converted into electrical energy. However, there are problems in the use of solar panels, namely the uncertainty of availability considering that Indonesia has a tropical climate, followed by consumer needs with stable energy providers. This can be overcome by controlling and managing the electrical energy produced which will be stored using batteries. The use of Buck Converter is as a voltage reducer that will be used for charging the battery. To obtain a constant converter output voltage of 14.4 volts, fuzzy logic control is needed with the output state of charge (SoC) both charging and discharging the battery. In the simulation results of the closed loop buck converter in MATLABR 2020a, a value of 14.41Volt has been obtained with an average output voltage error of 0.08%. As for the characteristics of using coulomb counting on the battery there is an error on charging of 8% and error on discharging of 7.57%.

Keywords – Buck Converter, Fuzzy Logic, Coulomb Counting.

Abstrak – Pada era sekarang pemanfaatan renewable energy semakin berkembang dikarenakan ramah lingkungan dan memiliki investasi yang relative rendah. Salah satunya adalah pemanfaatan solar cell atau panel surya memiliki sumber yang tak terbatas berupa sinar matahari. Panel surya memiliki keunggulan dimana untuk perawatan sangat minimal dan memiliki life time yang lama. Penggunaan dalam kehidupan sehari-hari dari panel surya dengan mengubah energi matahari yang berupa panas dikonversikan menjadi energi listrik. Namun terdapat permasalahan di dalam penggunaan panel surya yaitu tidak menentunya ketersediaan mengingat di Indonesia mempunyai iklim yang tropis disusul dengan kebutuhan konsumen dengan penyedia energi yang stabil. Hal tersebut dapat diatasi dengan melakukan kendali dan ¹manajemen energi listrik yang

dihasilkan yang akan disimpan menggunakan baterai. Pemanfaatan Buck Converter yaitu sebagai penurun tegangan yang akan digunakan pada charging baterai. Untuk memperoleh tegangan keluaran converter yang konstan 14.4 Volt maka diperlukan kontrol logika fuzzy dengan hasil keluarannya dapat digunakan State of Charge (SoC) baik dalam pengisian atau pengosongan baterai. Pada hasil simulasi buck converter kondisi close loop pada MATLABR 2020a telah didapatkan nilai yaitu 14.41Volt dengan rata-rata error tegangan output 0.08%. Adapun dengan karakteristik menggunakan coulomb counting pada baterai terdapat error pada charging sebesar 8% dan error pada discharging 7.57%.

Kata Kunci – Buck Converter, Fuzzy Logic, Coulomb Counting

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan dasar manusia untuk keberlangsungan hidup dimana di setiap tahun semakin meningkat. Pemakaian energi di Indonesia masih mengandalkan bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui dan memiliki keterbatasan dalam persediaannya. Maka dari itu untuk mengurangi pemakaian energi tersebut dapat mengembangkan energi terbarukan atau renewable energy yang ramah lingkungan dan tersedia di alam seperti energi matahari, energi air, energi angin, energi gelombang pasang surut dan energi panas bumi. Dengan memanfaatkan energi matahari yang dapat dikonversikan dari energi panas menjadi energi listrik. Energi matahari bisa digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off grid dengan skala stand alone[1].

*) penulis korespondensi: Aldanur Istianingrum Ramadhani
Email: aldanur040@gmail.com

Mengingat di Indonesia merupakan daerah yang tropis sering terjadi perubahan cuaca, maka energi dari panel surya dapat disimpan pada baterai untuk mempermudah dalam penggunaannya. Namun dalam penyimpanan energi tersebut, memiliki tegangan keluaran yang tidak stabil dari panel surya. Maka dari itu diperlukan control logika fuzzy untuk mengatur tegangan keluaran panel surya dengan menggunakan topologi Buck Converter. Buck Converter adalah DC-DC Converter yang memiliki nilai rendah dibandingkan nilai sumbernya. Kontrol logika fuzzy digunakan untuk mengatur nilai duty cycle pada Buck Converter, sehingga nilai dari tegangan keluaran Buck Converter memiliki nilai yang sesuai dalam pengisian baterai. Dalam hal ini baterai diharapkan dapat melakukan pengisian secara cepat dan optimal, namun hal tersebut dapat mengakibatkan terjadinya panas dan kerusakan sehingga mengurangi life time-nya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat dicegah dengan melakukankontrol dan memonitoring pada proses charging baterai agar berjalan dengan optimal. Berdasarkan permasalahan dapat di atasi melalui pembuatan desain dan pengimplementasian baterai valve regulated lead acid (VRLA)dengan memonitoring pada sistem SoC menggunakan metode Coulomb Counting.

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Untuk merancang sistem ini diperlukan penelitian yang terkait yang akan dijelaskan sebagai berikut:

Dalam jurnal yang ditulis A.R Afif, B.S. Aprilia dan W. Priharti dengan judul “Design and Implementation of Battery Management System for Portable Solar Panel with Coulomb Counting Method” Jurnal InCEAS (2020). Pada Jurnal ini membahas tentang penyimpanan energi yang dihasil kan dari panel surya dengan menggunakan baterai VRLA dilakukan manajemen sistem dikarenakan untuk mencegah overcharging dan over discharging baterai. Metode BMS yang digunakan adalah coulomb counting dengan menggunakan arus baterai sebagai parameter dengan penggunaan SoC charging limit sebesar 100% dan discharging limit 20%

Dalam jurnal yang ditulis oleh Oktiriza Melfazen dengan judul “Stabilitas Tegangan Keluaran Buck Converter Dengan Metode Fuzzy Logic Controller” Universitas Islam Malang, Jurnal ELTEK No.2 (Oktober 2018). Pada jurnal ini membahas tentang stabilitas tegangan keluaran dari DC-DC Buck Converter yang dikontrol menggunakan Fuzzy Logic metode Mamdani dengan mikrokontroller ATmega 8535 dan sebagai outputan LCD untuk menampilkan keluaran

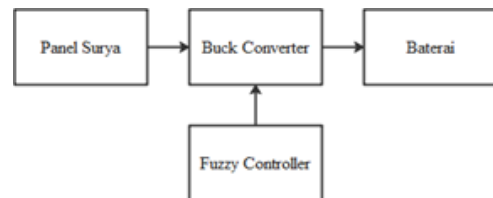
Dalam jurnal yang ditulis Helmy Mukti Himawan, Onny Setywati, Hadi Suyono dengan judul “Pemodelan Fuzzy Logic Control untuk Pengendali PWM pada Buck Converter” Jurnal JNTETI Vol. 5 No.1 (Februari 2016). Pada Jurnal ini membahas tentang fuzzy logic yang digunakan untuk mengontrol switching PWM dengan menggunakan metode

mamdani menggunakan 2 input eror dan perubahan eror dan 1 output berupa duty ratio.

Berdasarkan dari beberapa referensi yang diuraikan sebelumnya yang akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan sistem dengan judul “Desain dan Implementasi Battery Charger Valve Regulated Lead Acid dengan Monitoring State Of Charge Menggunakan Metode Coulomb Counting pada Lampu Taman”.

III. METODE PENELITIAN

Perencanaan dalam sistem ini dapat terlihat pada bentuk blok diagram di Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Gambar 1 merupakan blok diagram sistem dengan sumber panel surya daya 18V yang digunakan sebagai inputan pada Buck Converter yang akan diturunkan menjadi 14.4V kemudian tegangan tersebut akan digunakan sebagai pengisian baterai 28Ah 12V. Untuk menjaga tegangan keluaran pada Buck Converter stabil maka diperlukan control logika fuzzy sebagai pengisian baterai. Dalam pengisian baterai harus dilakukan monitoring arus yang masuk dengan menggunakan metode coulomb counting.

A. Perancangan Nilai Parameter Baterai

Dalam sistem ini digunakan beban berupa lampu 12VDC 20watt dengan sumber berupa tegangan dari baterai VRLA dengan tegangan 12V. berikut ini adalah spesifikasi baterai VRLA yang ditunjukkan oleh Tabel I.

TABEL I
SPESIFIKASI BATERAI VRLA

Baterai VOZ VRLA 12V 28Ah	
Mrek Baterai	VOZ
Tegangan Charging	13.5-13.8Volt
Tegangan Nominal	12Volt

B. Perancangan Parameter Panel Surya

Dalam menentukan kebutuhan daya dari panel surya yang akan digunakan maka haruslah menentukan kapasitas baterai. Dari hasil perhitungan mengenai kapasitas baterai diperoleh aki 12V 28Ah. Berikut adalah spesifikasi panel surya yang akan digunakan ditunjukkan oleh Tabel II.

TABEL II
SPESIFIKASI PANEL SURYA YANG AKAN DIGUNAKAN

Panel Surya Polycrystalline 100 WP		
Max Power (Pmax)	100	W
Max Power Voltage (Vpmax)	18	V
Max. Power Current (Ipmax)	5.56	A

Open Circuit Voltage (Voc)	22.5	V
Short Circuit Current (Isc)	6	A
Dimension	670x1040x35	mm

C. Perancangan Buck Converter

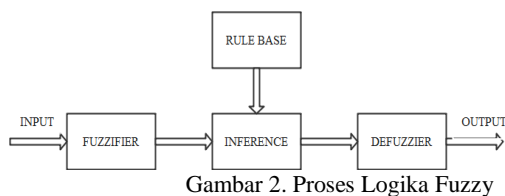
Buck Converter merupakan DC-DC converter yang digunakan untuk menurunkan tegangan pada tegangan keluaran dari panel surya. Komponen yang digunakan dalam Buck Converter berupa induktor, kapasitor, MOSFET, resistor. Berikut adalah parameter yang digunakan pada Buck Converter yang ditunjukkan oleh Tabel III.

TABEL III
PARAMETER BUCK CONVERTER

Parameter	Nilai
Tegangan input (Vin)	18V
Arus Input (Iin)	5.56A
Tegangan Output (Vo)	14.4V
	5A
Arus Output (Io)	
Frekuensi (F)	40kHz
Duty Cycle (%)	80%
Inductor (L)	72µH
Capacitor (C)	220µF
Resistor (R)	2.8Ω

D. Perancangan Kontrol Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan sistem Kendali dengan ketidakpastian dengan menggunakan kosnep himpunan fuzzy dalam perancangannya. Dalam logika fuzzy ini terdapat 3 tahap yang akan digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Logika Fuzzy

Prinsip kerja logika fuzzy pada sistem digunakan menentukan tegangan yang konstan dari DC-DC converter dapat dilakukan dengan mengatur duty cycle dengan memberikan umpan balik dari tegangan keluaran converter itu sendiri. Proses acuan pembangkitan PWM dengan menggunakan perhitungan masukan berupa eror tegangan (E) dan delta eror tegangan (ΔE). Untuk eror tegangan dapat dipilih namun biasanya menggunakan (ΔP/ΔV) dengan nilai 0

$$E = V(k) - V(k - 1) \tag{1}$$

$$\Delta E = E(k) - E(k - 1) \tag{2}$$

Keterangan:

E = Eror

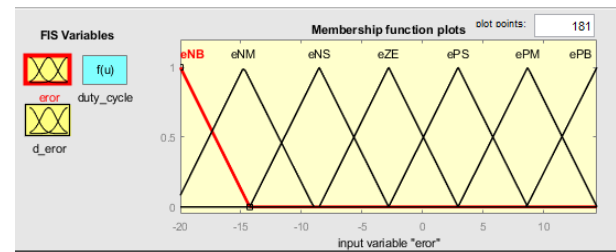
ΔE = Perubahan Eror

V(k) = Tegangan Sekarang

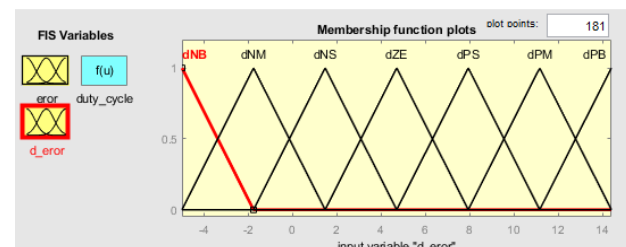
E(k-1) = Eror Sebelumnya

V(k-1) = Tegangan Sebelumnya

Berikut merupakan Design Input “EROR” Membership function dan Design Input “DELTA EROR” Membership function pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Design Input “EROR” Membership function



Gambar 4. Design Input “DELTA EROR” Membership function

Dari membership function yang sudah ditentukan maka dibuatkanlah rule babe fuzzy yang terdapat pada Tabel IV.

TABEL IV
DESIGN RULE BASE

e/Δe	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	PS	PS	NS	NS	Z	PM	PM
NM	PM	PS	PB	PS	Z	PM	PM
NS	PB	PM	PB	PB	Z	PM	PS
Z	PM	PB	PM	PS	PS	PM	PS
PS	PM	PM	PS	PS	PS	PM	Z
PM	PS	PS	PS	PS	PS	PS	PS
PB	PS	PS	PS	PS	PS	PS	PS

Dimana:

NB =Negatif Big

NM =Negatif Medium

NS =Negatif Small

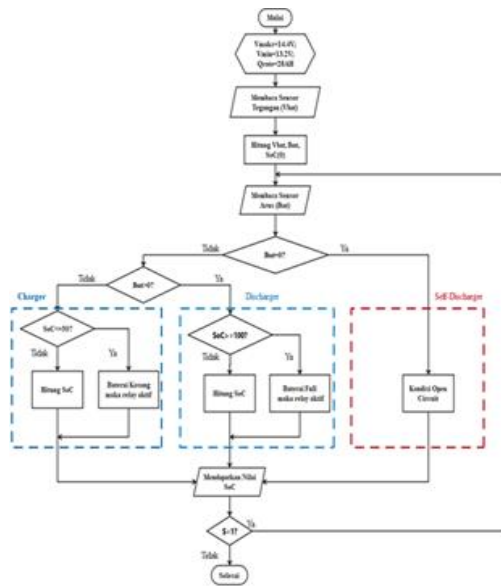
PS =Positif Small

PM =Positif Medium

PB =Positif Big

E. Perancangan Metode Coulomb Counting

Tujuan dilakukan simulasi untuk menentukan nilai SOC pada baterai serta dilakukan uji coba pada sistem yang sudah dibuat. Pada sistem ini menggunakan metode coulomb counting, dimana estimasi SoC pada baterai dilakukan dengan menghitung jumlah muatan yang masuk maupun keluar dari baterai. Berikut ini adalah Gambar 5 menunjukkan flowchart metode.



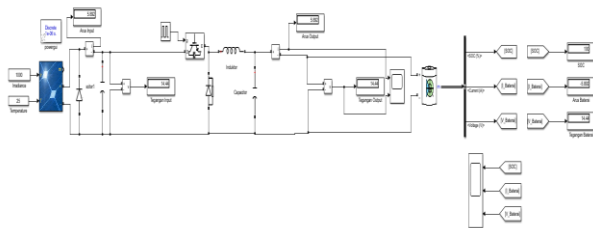
Gambar 5. Flowchart Metode Coulomb Counting

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dilakukan perencanaan dan pembuatan jurnal yang akan dilakukan sebagai berikut:

A. Simulasi Buck Converter Secara Open Loop

Dalam simulasi ini dilakukan pada software MATLAB R2020a. Pengujian dengan sumber panel surya yang digunakan sebagai tegangan inputan pada *Buck Converter* yang digunakan untuk pengisian pada baterai. Pada simulasi ini menggunakan dutycycle sebesar 80%. Untuk sistem ini dilakukan perubahan nilai irradiasi untuk mendapatkan nilai tegangan *Buck Converter* sebesar 14.4V. Berikut adalah gambar rangkaian *Buck Converter* secara *Open Loop* terlihat pada Gambar 6



Gambar 6. Rangkaian *Open Loop Buck Converter*

Dari hasil pengujian rangkaian open loop buck converter diatas didapatkan data pada Tabel V

TABEL V.
DATA HASIL *OPEN LOOP BUCK CONVERTER*

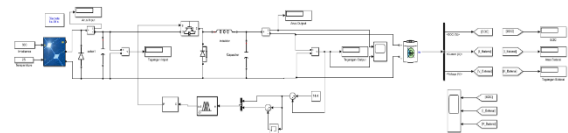
Irr (W/m ²)	V _{in} (V)	V _{out} (V)	I _{in} (A)	I _{out} (A)	Set Point (V)	Error V _{out} (%)
600	20.54	13.9	1.5	3	14.4	3
700	20.5	14.01	1.8	3.3	14.4	2.7
800	20.5	14.28	2	4.04	14.4	0.8

900	20.45	14.3	2.01	4.6	14.4	0.6
1000	20.4	14.47	2.5	5	14.4	0.4
Rata-rata error Vo						1.5

Dalam hasil dari Tabel V diatas didapatkan rata-rata tegangan eror yaitu sebesar 1.5% dimana hasil tersebut belum mendapatkan nilai tegangan yang stabil.

B. Simulasi Buck Converter Secara Close Loop

Dalam simulasi ini dilakukan pada software MATLAB R2020a. untuk pengujian ini dilakukan secara *Close Loop* dengan control logika fuzzy untuk mendapatkan tegangan keluaran yang stabil 14.4V yang digunakan untuk pengisian pada baterai yang akan digunakan. Berikut adalah Gambar 7 sebagai rangkaian *Close Loop Buck Converter*.



Gambar 7. Rangkaian *Buck Converter Close Loop*

Adapun dari data pengujian diatas diperoleh hasil pada Tabel VI.

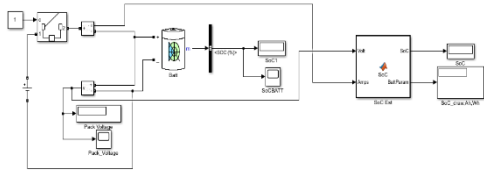
TABEL VI.
DATA HASIL *CLOSE LOOP BUCK CONVERTER*

Irr (W/m ²)	V _{in} (V)	V _{out} (V)	I _{in} (A)	I _{out} (A)	Set Point (V)	Error V _{out} (%)
600	20.54	14.42	2	2.4	14.4	0.13
700	20.5	14.41	2.5	3.5	14.4	0.06
800	20.5	14.41	3.4	4	14.4	0.06
900	20.45	14.41	3.3	4.3	14.4	0.06
1000	20.45	14.41	3.5	5	14.4	0.06
Rata-rata error Vo						0.08

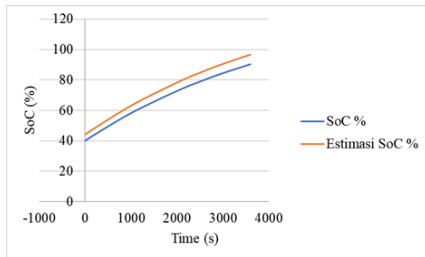
Dari Tabel VI didapatkan hasil bahwa dengan dilakukan perubahan nilai irradiasi dari 600W/m²-1000W/m² untuk memperoleh setpoint yang diinginkan dalam tegangan keluaran buck converter sebesar 14.4V dan rata-rata eror yang dihasilkan yaitu 0.08%.

C. Simulasi Pengujian Baterai Dalam Kondisi Charger

Dalam simulasi ini dilakukan pengujian karakteristik baterai dengan kondisi charger pada software MATLAB R2020a. Baterai yang digunakan baterai VRLA 12V 28Ah. Berikut ini adalah rangkaian simulasi pengujian karakteristik baterai pada saat kondisi charger menggunakan metode coulomb counting. Berikut adalah rangkaian kondisi charger yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Simulasi Baterai Kondisi Charger



Gambar 9. Grafik Estimasi SoC Simulasi Baterai Kondisi Charger

Dari rangkaian diatas didapatkan data yang ditunjukkan pada Tabel VII.

TABEL VII
HASIL SIMULASI PEMBACAAN SOC PENGISIAN BATERAI

Detik ke-	SoC Matlab (%)	SoC Coulomb Counting (%)	Error% SoC
0	40	44.34	9.78
10	40.2	44.56	9.78
100	42.08	46.47	9.44
1000	58.18	63.24	8
2000	72.68	78.34	7.22
2500	78.86	84.79	6.99
3000	84.4	90.56	6.8
3600	90.22	96.61	6.61
Rata-rata Error%			8

Dari Tabel VII menunjukkan hasil bahwa nilai SoC semakin mengalami kenaikan seiring lamanya baterai yang digunakan dalam kondisi *charging*. Waktu yang digunakan yaitu 3600s atau 1 jam pengujian. Dimana baterai dimulai dengan SoC yaitu 40% hingga ke 90%. Adapun perhitungan selisih pembacaan SoC di setiap metode yang digunakan berikut adalah perhitungan untuk menentukan error nya:

$$\%Error = \frac{SoC_{(matlab)} - SoC_{(Coulomb Counting)}}{SoC_{(matlab)}} \times 100\%$$

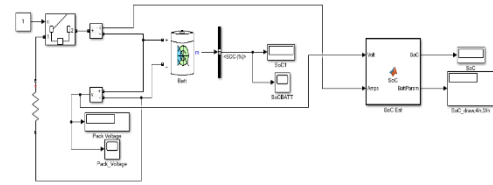
$$\%Error = \frac{44.34 - 40}{44.34} \times 100\%$$

$$\%Error = 9.78\%$$

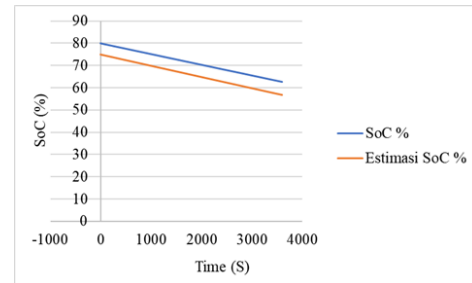
Adapun rata-rata error pembacaan SoC adalah 8%.

D. Simulasi Pengujian Baterai Dalam Kondisi Discharger
Dalam pengujian estimasi SOC menggunakan metode coulomb counting dengan open circuit dilakukan pada

software MATLAB R2020a dengan rangkaian simulasi kondisi *Discharger* yang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian Simulasi Baterai Kondisi Discharger



Gambar 11. Grafik Estimasi SoC Simulasi Baterai Kondisi Discharger

Dari rangkaian diatas didapatkan data yang ditunjukkan pada Tabel VIII

TABEL VIII
HASIL SIMULASI PEMBACAAN SOC PENGOSONGAN BATERAI

Detik ke-	SoC Matlab (%)	SoC Coulomb Counting (%)	Error% SoC
0	80	74.87	6.41
10	79.95	74.82	6.41
100	79.51	74.37	6.46
1000	75.18	69.85	7.08
2000	70.38	64.85	7.85
2500	67.98	62.35	8.28
3000	65.59	59.86	8.73
3600	62.72	56.88	9.311
Rata-rata Error%			7.57

Dari Tabel VIII menunjukkan hasil bahwa nilai SoC semakin mengalami penurunan dalam kondisi *discharging*. Waktu yang digunakan yaitu 3600s atau 1 jam pengujian. Dimana baterai dimulai dengan SoC yaitu 80% hingga ke 62%. Adapun perhitungan selisih pembacaan SoC di setiap metode yang digunakan berikut adalah perhitungan untuk menentukan error nya:

$$\%Error = \frac{SoC_{(matlab)} - SoC_{(Coulomb Counting)}}{SoC_{(matlab)}} \times 100\%$$

$$\%Error = \frac{80 - 74.87}{80} \times 100\%$$

$$\%Error = 7.57\%$$

Adapun rata-rata error yang diperoleh sebesar 7.57%

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam kesimpulan ini digunakan simulasi pada MATLAB R2020a dimana dengan menggunakan perbandingan 2 metode *Open Loop* dengan *Close Loop*. Adanya *Close Loop* pada *Buck Converter* ini digunakan sebagai pengontrol tegangan output pada *Buck Converter* menjadi stabil sesuai dengan set point 14.4V. Jika dibandingkan dengan 2 metode tersebut terdapat rata-rata eror dengan menggunakan logika fuzzy sebesar 0.08%. Sedangkan dalam karakteristik baterai yang digunakan *charging* dan *discharging* dengan metode coulomb counting sebagai perhitungan arus keluar dan masuk untuk mengetahui state of charge. Dalam keadaan *charging* baterai terdapat eror sebesar 8% dan keadaan *discharging* baterai terdapat eror sebesar 7.57%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis kepada pihak yang membantu ataupun memberikan dukungan terkait dengan penelitian yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Movassagh, S. A. Raihan, and B. Balasingam, "Performance analysis of coulomb counting approach for state of charge estimation," *2019 IEEE Electr. Power Energy Conf. EPEC 2019*, vol. 3, no. 0, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/EPEC47565.2019.9074781.
- [2] M. N. Wisnu Ananda, "Design Of Battery Management System For Electric Vehicle Battery-Based Hybrid Metal-Organic (Sol-Gel) Lithium Manganate (Limn 2 O 4) Rancangan Sistem Manajemen Baterai Untuk Mobil Listrik Baterai Berbasis Hybrid Metal-Organik (Sol-Gel) Litium," pp. 19–26, 2016.
- [3] Y. Astriani, A. Kurniasari, E. R. Priandana, and N. A. Aryono, "Penyeimbangan State of Charge Baterai Lead Acid Pada Prototipe Battery Management System a Prototype Battery Management System for Balancing," *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*, vol. 17, no. 1, pp. 43–52, 2018.
- [4] T. Faculty, "Study of Fuzzy Logic Control of Dc-Dc Buck Converter Zeynep Bala DURANAY, Hanifi GULDEMIR," vol. 12, no. 2, pp. 23–31, 2017.
- [5] P. A. Dermawan, "Studi Evaluasi Perencanaan Instalasi Penerangan Hotel Neo By Aston Pontianak," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/21514>.
- [6] M. Rizali, "Pengaruh temperatur permukaan sel surya terhadap daya pada kondisi eksperimental dan nyata," *Proceeding Semin. Nas. Tah. Tek. Mesin XIV (SNTTM XIV)*, vol. XIV, no. SNTTM XIV, pp. 7–8, 2015, [Online]. Available: <http://eprints.unlam.ac.id/643/1/KE-67.pdf>.
- [7] H. M. Himawan, O. Setyawati, and H. Suyono, "Pemodelan Fuzzy Logic Control untuk Pengendali PWM pada Buck Converter," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 1, 2016, doi: 10.22146/jnteti.v5i1.181.[1][9] A. D. Isnaini, R. F. Iskandar, F. T. Elektro, U. Telkom, and P. Coulomb, "Estimasi State of Charge Pada Baterai Lithium Ion menggunakan Metode Perhitungan Coulomb Estimation State of Charge of Lithium Ion Battery Using Coulomb," *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 650–657, 2017.
- [8] A. Rabinovich, G. Dagan, and T. Miloh, *Underground heat conduction near a spherical inhomogeneity: Theory and applications*, vol. 189, no. 3, 2012.
- [9] K. Movassagh, S. A. Raihan, and B. Balasingam, "Performance analysis of coulomb counting approach for state of charge estimation," *2019 IEEE Electr. Power Energy Conf. EPEC 2019*, vol. 3, no. 0, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/EPEC47565.2019.9074781.
- [10] B. Guntur and G. M. Putro, "Analisis Intensitas Cahaya Pada Area Produksi Terhadap Keselamatan Dan Kenyamanan Kerja Sesuai Dengan Standar Pencahayaan," *Opsi*, vol. 10, no. 2, p. 115, 2017, doi: 10.31315/opsi.v10i2.2106.
- [11] A. R. Wachid, E. Wahjono, and S. D. N. Nugraha, "Desain dan Simulasi Dual Input Single Output Buck Converter dengan Kontrol Fuzzy," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 10, no. 1, pp. 63–70, 2021, doi: 10.22146/jnteti.v10i1.1069.
- [12] Y. H. Anoi, A. Yani, and Y. W., "Analisis sudut panel solar cell terhadap daya output dan efisiensi yang dihasilkan," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 0–7, 2020, doi: 10.24127/trb.v8i2.1051.
- [13] A. D. Isnaini, R. F. Iskandar, F. T. Elektro, U. Telkom, and P. Coulomb, "Estimasi State of Charge Pada Baterai Lithium Ion menggunakan Metode Perhitungan Coulomb Estimation State of Charge of Lithium Ion Battery Using Coulomb," *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 650–657, 2017.
- [14] T. Faculty, "Study of Fuzzy Logic Control of Dc-Dc Buck Converter Zeynep Bala DURANAY, Hanifi GULDEMIR," vol. 12, no. 2, pp. 23–31, 2017.