

Desain dan Implementasi *Buck Converter* Pada Sistem *Power Supply* Untuk Mesin Cuci Dengan Menggunakan Panel Surya

Faisa Musahiroh^{1*}, Mochammad Machmud Rifadil², Diah Septi Yanaratri³

^{1*,2,3}Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

*E-mail: faisamusa@pe.student.pens.ac.id

Abstract

This paper describes a power supply system that uses a buck converter circuit as a voltage stabilizer. The power supply system obtains the main source from solar panels of 200 Wp, of which 4 solar panels are 50 Wp which are arranged in parallel. When using this power supply system, the circuit used is a buck converter which is intended to stabilize the voltage so that it can run a load in the form of a washing machine. This system uses the constant voltage method found in fuzzy logic control, which is to reduce the risk of overheating the load during the use process. In this process, a simulation is carried out using MATLAB software so that it can adjust to the specified set point. Determination of the set point is done using the fuzzy logic control method, where this method aims to determine the set point and achieve a constant voltage. Thus, the results of the simulation on this power supply system can obtain a constant voltage of 12 Volts.

Keywords: *Buck converter, Fuzzy logic control, Constant voltage, Solar panels, MATLAB*

Abstrak

Dalam makalah ini menjelaskan mengenai sistem power supply yang menggunakan rangkaian buck converter sebagai penstabil tegangan. Sistem power supply memperoleh sumber utama dari panel surya sebesar 200 Wp, yang mana panel surya ini sebesar 50 Wp sebanyak 4 buah yang disusun secara paralel. Pada saat menggunakan sistem power supply ini, rangkaian yang digunakan berupa buck converter yang diperuntukkan untuk menstabilkan tegangan agar dapat menjalankan beban berupa mesin cuci. Pada sistem ini menggunakan metode constant voltage yang terdapat pada kontrol logika fuzzy, yang mana hal ini untuk mengurangi resiko cepat panasnya pada beban selama proses penggunaan. Dalam proses ini dilakukan secara simulasi menggunakan software MATLAB agar dapat menyesuaikan dengan set point yang ditentukan. Penentuan set point ini dilakukan dengan menggunakan metode kontrol logika fuzzy, dimana metode ini bertujuan menentukan set point serta untuk mencapai tegangan yang konstan. Sehingga, hasil dari simulasi pada sistem power supply ini dapat memperoleh tegangan konstan sebesar 12 Volt.

Kata kunci: *Buck konverter, Kontrol logika fuzzy, Tegangan konstan, Panel surya, MATLAB*

1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, panel surya mulai banyak digunakan, karena cocok digunakan di setiap wilayah di Indonesia. Indonesia berpotensi untuk dikembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Dalam menggunakan panel surya diperlukan instalasi listrik tenaga surya yang terdiri dari panel surya, baterai, dan konverter. Keunggulan dalam menggunakan instalasi listrik tenaga surya ini adalah perawatan yang cukup mudah, harganya relatif murah, dan yang paling penting ramah lingkungan [1].

Perkembangan teknologi semakin pesat hingga saat ini, banyak peralatan yang telah menggunakan energi terbarukan sebagai sumber energi utamanya. Dalam kehidupan sehari-hari, manusia membutuhkan teknologi dalam penunjangnya, seperti halnya dalam kebersihan. Kebutuhan manusia dengan hal yang bersifat bersih menjadikan kegiatan mencuci menjadi hal yang tidak dapat dihindari. Karena sudah menjadi rutinitas maka, alat bantu untuk mencuci sangat diperlukan untuk mempermudah dan mempersingkat pencucian. Dengan berjalannya waktu, mesin cuci mengalami perkembangan hingga terbentuklah mesin cuci seperti saat ini.

Mesin cuci pakaian otomatis telah diciptakan dan banyak yang sudah menggunakannya, akan tetapi mesin cuci otomatis dan portable akan susah digunakan jika berada pada tempat umum seperti contohnya pantai, pemandian, air terjun dan lainnya. Penggunaan mesin cuci otomatis dan portable ini menggunakan daya yang berasal dari energi terbarukan yakni panas matahari. Sehingga diperlukan panel surya yang akan merubah energi panas matahari menjadi energi DC dan memerlukan power supply untuk merubah dari tegangan DC menjadi tegangan AC dengan menggunakan konverter berupa buck konverter sebagai penurun tegangan dan menaikkan arus. Penggunaan ini berupa pencucian dengan menggunakan mesin cuci portable yang bisa dibawa kemana saja. Pemilihan buck converter didasarkan pada efisiensi yang tinggi

dalam perubahan daya input ke daya output. Diantara beberapa kriteria kinerja dinamik penting untuk dipertimbangkan adalah riak (ripple), tegangan output, dan waktu recovery. Keuntungan pada konfigurasi buck converter antara lain adalah efisiensi yang tinggi, rangkaian yang sederhana, tidak memerlukan transformator. Riak (ripple) pada tegangan keluaran yang rendah sehingga penyaring atau filter yang dibutuhkan pun relatif kecil [2].

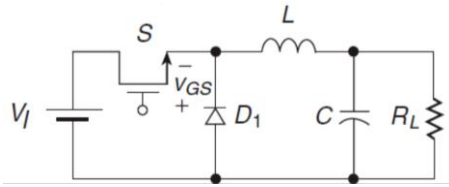
Metode yang digunakan antara lain *Fuzzy Logic Controller* (FLC). Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan, metode *Fuzzy Logic* mempunyai kinerja lebih baik dibandingkan konvensional. Metode *Fuzzy Logic* juga memiliki beberapa keuntungan, konsep logika fuzzy sederhana sehingga mudah dipahami dan penggunaan logika fuzzy mudah dimengerti, pemodelan matematik sederhana, kemudian dapat memodelkan fungsi-fungsi non linier yang kompleks, serta dapat mengaplikasikan pengalaman tanpa proses pelatihan [3].

Dari permasalahan tersebut, maka dibuatlah sebuah *power supply* dengan menggunakan panel surya sebagai sumber DC yang dihubungkan dengan *buck converter* yang kemudian di gunakan sebagai penurun tegangan keluaran yang dikontrol dengan menggunakan *fuzzy logic* dan *mikrokontroler*. Desain dari alat ini menggunakan *buck converter* yang dikontrol *fuzzy logic* agar tegangan konstan sesuai dengan *setpoint*.

2. Metoda Penelitian

2.1. Buck Converter

DC to DC *buck converter* adalah jenis sebuah *converter* yang berfungsi menurunkan tegangan. Prinsip kerja *Buck converter* adalah dengan menggunakan switch yang bekerja secara terus- menerus (ON-OFF). Dalam proses *switching* akan dikenal dua istilah yaitu PWM (*Pulse Width Modulation*) dan Duty Cycle dalam mengendalikan kecepatan (frekuensi) kerja switch tersebut [4]. Gambar 1 merupakan rangkaian dari *buck converter*.

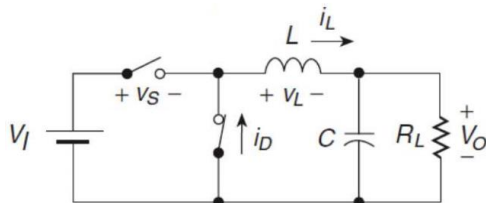
Gambar 1. Rangkaian *Buck Converter*

Gambar 1 menjelaskan tentang switch pada *Buck-Converter*. Switch tersebut akan bekerja secara terus-menerus. Kecepatan switch (dalam realisasinya) akan tergantung pada *duty cycle* dan frekuensi yang digunakan. Sistem switch (saklar) yang digunakan menggunakan komponen bernama MOSFET [5].

Rangkaian dasar *buck converter* memiliki 2 mode yaitu mode saklar ON dan saklar OFF.

Mode Saklar ON

Ketika berada pada *state ON*, MOSFET on (tertutup) dan dioda off, arus mengalir dari sumber menuju ke induktor (pengisian induktor), disaring dengan kapasitor, lalu ke beban, kembali lagi ke sumber [6]. Pada Gambar 2 menjelaskan arah arus saat switching.

Gambar 2. Rangkaian saat *Switch Closed*

Dari gambar 2 dapat dirumuskan tegangan pada induktor sebagai berikut:

$$V_L = V_S - V(t) \dots \dots \dots (2.1)$$

Rumus tegangan ripple:

$$V_L \approx V_S - V \dots \dots \dots (2.2)$$

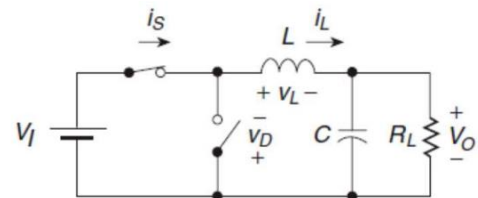
Arus yang mengalir melalui induktor pada saan kondisi ON dinyatakan dalam rumus:

$$V_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\frac{di_L(t)}{dt} = \frac{V_L(t)}{L} \approx \frac{V_S - V}{L} \dots \dots \dots (2.4)$$

Mode Saklar OFF

Ketika berada pada *state OFF*, MOSFET off (terbuka) dan diode on arus akan mengalir melalui L, C, beban, dan diode maksimum. Arus induktor akan turun sampai transistor di on-kan kembali pada siklus berikutnya. Energi yang tersimpan pada induktor L dipindahkan ke beban [7]. Pada Gambar 3 menunjukkan mode saklar OFF.

Gambar 3. Rangkaian saat *Switch Opened*

Dari Gambar 3 dapat dirumuskan tegangan pada induktor sebagai berikut :
Rumus tegangan pada induktor adalah sebagai berikut:

$$V_L(t) = -V \dots \dots \dots (2.5)$$

Rumus tegangan ripple:

$$V_L(t) \approx -V \dots \dots \dots (2.6)$$

Arus yang mengalir melalui induktor pada saat kondisi OFF dinyatakan dalam rumus:

$$V_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$\frac{di_L(t)}{dt} \approx \frac{V}{L} \dots \dots \dots (2.8)$$

Perancangan desain dari *buck converter* meliputi besarnya *duty cycle* yang diberikan untuk menghasilkan keluaran yang sesuai. Untuk mengurangi riak/*ripple* tegangan, *filter* yang terbuat dari kapasitor ditambahkan ke *output* dan *input* konverter.

Tabel 1. Spesifikasi *DC-DC Buck Converter*

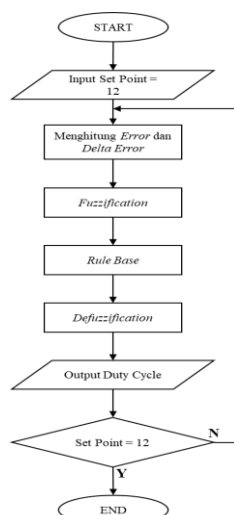
Parameter	Nilai
Tegangan <i>Input</i> (V_{in})	22 V
Tegangan <i>Output</i> (V_o)	12 V
Arus <i>Output</i> (I_o)	11.25 A
Frekuensi (fs)	40 kHz
Resistansi (R)	1.067 Ω
Induktansi (L)	60.67 μ H
Kapasitansi (C)	48.82 μ F

Pada Tabel 1. menunjukkan besar nilai masing-masing dari komponen pada sistem untuk menghasilkan tegangan keluaran sebesar 12 V.

2.2. Fuzzy Logic Controller

Logika fuzzy merupakan suatu logika yang lebih dekat dengan cara berpikir manusia, keanggotaan himpunannya mempunyai nilai-nilai bervariasi, menunjukkan nilai pengukuran secara kualitatif. Hal ini menjadi salah satu alasan penggunaan logika fuzzy dalam sistem kendali. Himpunan fuzzy adalah sebuah himpunan yang terdiri atas elemen-elemen yang mempunyai derajat atau tingkat keanggotaan yang bervariasi dalam himpunan itu. Elemen-elemen dalam himpunan fuzzy bisa menjadi anggota himpunan fuzzy yang lain dalam semesta pembicaraan yang sama [8].

Metode kontrol logika fuzzy yang digunakan pada sistem ini adalah Metode Mamdani. Metode mamdani lebih intuitif, sangat fleksibel terhadap data dan sudah digunakan oleh banyak pihak. Kontrol logika fuzzy digunakan untuk mengendalikan pembangkitan PWM yang berfungsi untuk mengontrol tegangan keluaran *buck converter* agar tetap konstan.

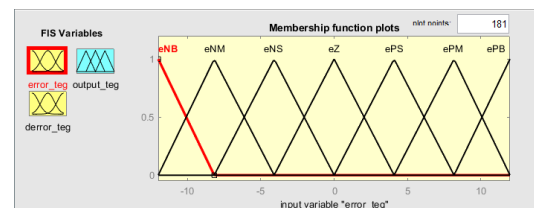


Gambar 4. Flowchart Kontrol Logika Fuzzy

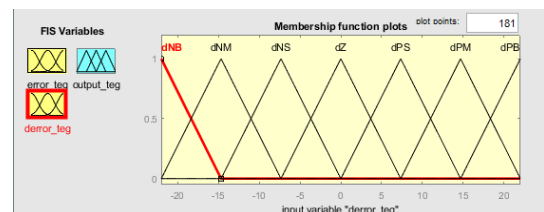
Pada Gambar 4. merupakan *flowchart* Kontrol Logika Fuzzy dimana parameter yang akan digunakan sebagai *input* adalah parameter tegangan. Parameter ini akan

dikonversikan menjadi dua variabel fuzzy yakni *error (e)* dan *delta error (de)*.

Kedua variabel ini akan diolah melalui *Fuzzyfication*, *Fuzzy Inference System* serta *Defuzzification* yang akan menghasilkan keluaran berupa besaran *duty ratio* untuk pembangkitan PWM sebagai *switching* dari *buck converter*. *Fuzzification* merupakan transformasi domain *crisp* menjadi *input fuzzy* [9].

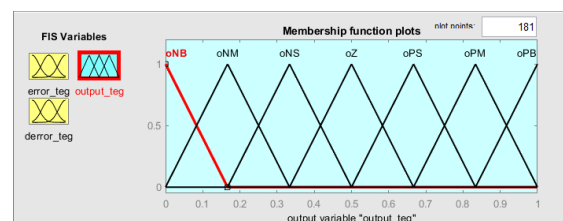


Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Input Variabel Error



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Input Variabel Delta Error

Gambar 5. menunjukkan fungsi keanggotaan *input* variabel *error* dengan rentang -12 hingga 12. Pada Gambar 6, menunjukkan fungsi keanggotaan *input* variabel *delta error* dengan rentang -22 hingga 22.



Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Output Variabel Duty Cycle

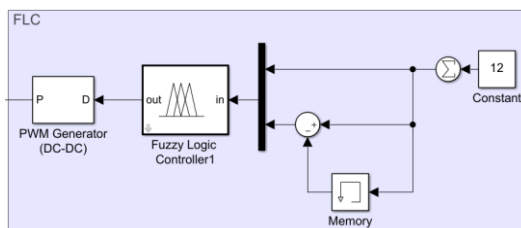
Gambar 7 merupakan fungsi keanggotaan *output* yakni berupa *duty cycle* dengan rentang 0 hingga 1. Keluaran dari fuzzifikasi akan diolah *fuzzy inference system* dengan mempertimbangkan *rule based* yang telah ditentukan [10].

Tabel 2. Fuzzy Rule Based

$\begin{matrix} E \\ dE \end{matrix}$	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	Z
NM	NB	NB	NB	NM	NS	Z	PS
NS	NB	NB	NM	NS	Z	PS	PM
Z	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
PS	NM	NS	Z	PS	PM	PB	PB
PM	NS	Z	PS	PM	PB	PB	PB
PB	Z	PS	PM	PB	PB	PB	PB

Tabel 2. merupakan aturan dasar yang menentukan aksi kontrol untuk menentukan besaran keluaran yakni *duty cycle*. Keluaran dari *fuzzy inference system* akan diolah sebagai input defuzzifikasi yang diekspresikan dalam bentuk *fuzzy set* ke bilangan ril.

Defussifikasi ialah proses mengkonversi nilai *fuzzy output* kembali menjadi data keluaran tegas (*crisp output*) atau keluaran klasik kepada objek kontrol [11]. Metode *defuzzification* yang digunakan ialah *metode centroid*. Dimana *output* solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat. Output berupa besar nilai *duty cycle* 0-1 untuk menjaga tegangan keluaran tetap konstan.

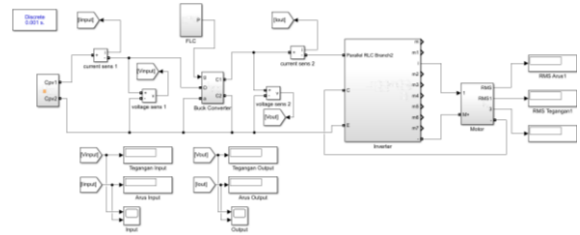
**Gambar 8.** Rangkaian Kontrol Logika Fuzzy

Terlihat pada Gambar 8, merupakan rangkaian kontrol dengan parameter masukan tegangan. Parameter ini diolah menjadi dua variabel *fuzzy* (*error* dan *delta error*) untuk di proses menjadi keluaran berupa *duty cycle*.

3. Hasil Penelitian

Proses pengujian desain *power supply* dengan metode *constant voltage* ini dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB. Pada simulasi ini menggunakan panel surya yang kemudian tegangan diturunkan menggunakan buck konverter. Dari *buck converter* akan masuk

ke modul inverter dan menjalankan mesin cuci. Modul inverter yang digunakan memiliki kapasitas 200 Watt [12]. Untuk desain rangkaian sistem dapat dilihat pada gambar 9.

**Gambar 9.** Rangkaian Simulasi MATLAB

Pada tabel 3 merupakan simulasi sistem terintegrasi secara *open loop*.

Tabel 3. Data Integrasi *Open Loop*

Iradiasi (W/m ²)	Suhu (°C)	Vin (V)	Vout (V)	Iout (A)
1000	25	17,97	11,99	17,01
900		17,03	11,34	16,09
800		15,53	10,32	14,65
700		13,71	9,082	12,88
1000	35	17,43	11,62	16,48
900		16,69	11,11	15,75
800		15,47	10,28	14,59
700		13,76	9,121	12,94
1000	40	17,13	11,42	16,19
900		16,47	10,96	15,55
800		15,39	10,23	14,51
700		13,78	9,13	12,95

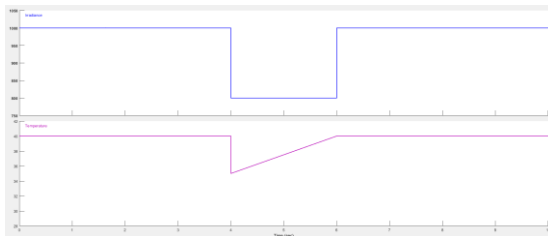
Pada tabel 3. merupakan data simulasi buck konverter dengan nilai *duty cycle* sebesar 54.5% dan tegangan masukan berasal dari panel surya yang berubah nilainya pada iradiasi dan suhu pada permukaan panel surya. Dari hasil yang diperoleh oleh *buck converter* pada simulasi, dapat dilihat bahwa tegangan yang dikeluarkan dari konverter masih belum stabil, dengan rentang tegangan 9,082 volt hingga 11,99 volt, dimana set poin yang direncanakan sebesar 12 volt.

Data integrasi *open loop* digunakan sebagai pembandingan dengan integrasi *close loop*, pengujian respon kontrol logika fuzzy dilakukan dengan memberikan variasi pada tegangan input. Tegangan keluaran konverter diatur agar konstan pada 12 volt. Tabel 4 merupakan data dari pengujian respon kontrol menggunakan beban.

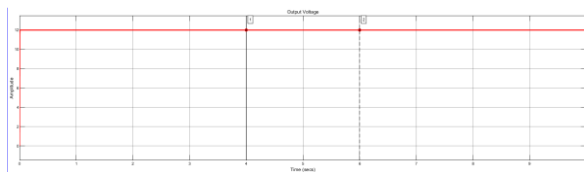
Tabel 4. Data Integrasi *Open Loop*

Iradiasi (W/m ²)	Suhu (°C)	Vin (V)	Vout(V)	Iout(A)
1000	25	17,97	12,01	13,24
900		17,03	12,01	11,92
800		15,53	12,01	10,60
700		13,71	12	9,274
1000	35	17,43	12	13,13
900		16,69	12	11,83
800		15,47	12	10,56
700		13,76	12	9,133
1000	40	17,13	12	13,04
900		16,47	12	11,71
800		15,39	12	10,42
700		13,78	12	9,061

Berikut adalah pengujian ketika radiasi dan suhu pada PV diberi gangguan.

**Gambar 10.** Grafik Gangguan pada Iradiasi dan Suhu

Pada gambar 10 merupakan gangguan yang diberikan pada panel surya dengan penurunan nilai penyinaran dari 1000 W/m² menjadi 800 W/m² dan gangguan perubahan suhu dari 40°C menjadi 35°C untuk mengetahui kinerja kendali *fuzzy*.

**Gambar 11.** Hasil Sistem Ketika Menggunakan FLC

Pada gambar 11 menunjukkan gelombang keluaran berupa tegangan dari konverter pada saat sistem terintegrasi *close loop* dengan metode tegangan konstan yang diberi gangguan pada panel surya. Namun, masih bisa menghasilkan tegangan keluaran sesuai dengan set poin sebesar 12 volt dan tidak mengalami penurunan meskipun terjadi gangguan.

4. Kesimpulan

Dari simulasi yang telah dilakukan diketahui bahwa sistem dapat beroperasi dengan sesuai apabila diberi *fuzzy logic controller* sebagai metode yang menstabilkan tegangan keluaran dari *buck converter* untuk menjalankan modul inverter yang menggerakkan mesin cuci.

Dapat dilihat pula antara simulasi dengan dan tanpa adanya metode sangat berbeda. Jika simulasi tanpa metode tegangan keluaran yang dihasilkan tidak mencapai set poin yang diharapkan. Namun, jika diberi metode tegangan keluaran mencapai set poin yang ditentukan yakni ± 12 Volt.

5. Saran

Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut perihal penambahan baterai atau titik maksimum penggunaan pada panel surya atau penggunaan metode yang lebih tepat lagi. Agar sistem dapat berjalan dengan lancar.

6. Daftar Pustaka

- [1] A. W. Hasanah, R. Hariyati, and M. N. Qosim, "Konsep Fotovoltaik Terintegrasi On Grid dengan Gedung STT-PLN," *Energi Kelistrikan*, vol. 11, no. 1, pp. 17–26, Jul. 2019, doi: 10.33322/energi.v11i1.394.
- [2] O. Melfazen, "Stabilisasi Tegangan Keluaran Buck Converter Dengan Metode Fuzzy Logic Controller," *J. ELTEK*, vol. 16, no. 2, p. 125, Dec. 2018, doi: 10.33795/eltek.v16i2.104.
- [3] A. Adha, "Penerapan Logika Fuzzy Pada Mesin Cuci Dan Menentukan Lama Waktu Pencucian," *JIKO J. Inform. Dan Komput.*, vol. 6, no. 1, p. 125, Feb. 2022, doi: 10.26798/jiko.v6i1.289.
- [4] I. N. W. Satiawan and I. B. F. Citarsa, "Desain Buck Converter Untuk Charging Batere Pada Beban Bervariasi," p. 6.
- [5] A. S. Samosir, N. I. Tohir, and A. Haris, "Rancang Bangun Catu Daya Digital Menggunakan Buck Converter Berbasis Mikrokontroler Arduino," vol. 11, no. 1, p. 9, 2017.
- [6] B. U. Patil and S. R. Jagtap, "Adaptive fuzzy logic controller for buck converter," in *2015 International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication*

- (ICCPEIC), Melmaruvathur, Chennai, India, Apr. 2015, pp. 0078–0082. doi: 10.1109/ICCPEIC.2015.7259444.
- [7] Sutedjo, O. Asrarul Qudsi, A. Ardianto, D. Septi Yanaratri, Suhariningsih, and Moch. Darwis, “Design and Implementation Buck Converter for 540WP Solar Charger Using Fuzzy Logic Control,” *E3S Web Conf.*, vol. 43, p. 01009, 2018, doi: 10.1051/e3sconf/20184301009.
- [8] 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. JNTETI*, vol. 5, no. 1, Feb. 2016, doi: 10.22146/jnteti.v5i1.181.
- [9] K. Swathy, S. Jantre, Y. Jadhav, S. M. Labde, and P. Kadam, “Design and Hardware Implementation of Closed Loop Buck Converter Using Fuzzy Logic Controller,” in *2018 Second International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, Coimbatore, Mar. 2018, pp. 175–180. doi: 10.1109/ICECA.2018.8474570.
- [10] F. Rahmatullah, “Desain dan Simulasi Battery Charger Metode CC-CV (Constant Current-Constant Voltage) dengan Kontrol Logika Fuzzy Menggunakan MATLAB,” *CYCLOTRON*, vol. 4, no. 2, Aug. 2021, doi: 10.30651/cl.v4i2.8621.
- [11] M. S. Asih, “Sistem Pendukung Keputusan Fuzzy Mamdani pada Alat Penyiraman Tanaman Otomatis,” *J. Sist. Inf.*, vol. 02, no. 01, p. 12, 2018.
- [12] H. D. Putra, M. K. Kelviandy, and B. E. Putera, “Penerapan Kontrol Fuzzy Logic Berbasis Matlab Pada Perangkat Mesin Cuci,” vol. 4, no. 2, p. 8, 2018.