

# Optimasi Sistem Photovoltaik Menggunakan *Cuk Converter* Dengan MPPT *Incremental Conductance*

Bagus Wirawan Dewantara<sup>1</sup>, Denda Dewatama<sup>2</sup>, Yulianto<sup>3</sup>

e-mail: [baguswiratara@gmail.com](mailto:baguswiratara@gmail.com), [denda.dewatama@polinema.ac.id](mailto:denda.dewatama@polinema.ac.id), [yulianto@polinema.ac.id](mailto:yulianto@polinema.ac.id)

<sup>1,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

## Informasi Artikel

### Riwayat Artikel

Diterima 8 November 2022

Direvisi 20 Februari 2023

Diterbitkan 31 Juli 2023

### Kata kunci:

*Cuk Converter*

MPPT

*Incremental Conductance*

### Keywords:

*Cuk Converter*

MPPT

*Incremental Conductance*

### Penulis Korespondensi:

Bagus Wirawan Dewantara,

Jurusan Teknik Elektro,

Politeknik Negeri Malang,

Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia, Kode Pos. 65141

[baguswiratara@gmail.com](mailto:baguswiratara@gmail.com)

No. HP/WA aktif : 085236818614

## ABSTRAK

*DC-DC Converter* merupakan sebuah *device* yang mengubah atau mengkonversi energi listrik dari satu nilai tegangan ke nilai tegangan lainnya dengan cara menaikkan atau menurunkan tegangan sesuai dengan keluaran yang diinginkan. Salah satu topologi dari *DC-DC Converter* adalah *Cuk Converter*. *Cuk Converter* dipilih karena memiliki arus yang kontinu pada sisi input maupun output. Untuk mendapatkan nilai daya yang optimum panel surya dibutuhkan metode MPPT (*Maximum Power Point Tracker*) pada *DC-DC Converter*. Algoritma yang digunakan pada penelitian ini adalah *Incremental Conductance* (IC). Keluaran algoritma ini adalah berupa *duty cycle* yang digunakan sebagai *switching* mosfet pada *converter*. Metode IC dipilih karena dapat menghasilkan daya keluaran dan kecepatan tracker MPP (*Maximum Power Point*) yang lebih tinggi dibanding metode P&O (*Perturb & Observe*). Sistem ini diuji dengan panel surya 100 Wp. Dari hasil pengujian system menggunakan MPPT didapatkan daya keluaran tertinggi saat intensitas cahaya matahari sebesar 198000 Lux yaitu 37,9W dengan efisiensi sebesar 88%.

## ABSTRACT

*DC-DC Converter is a device that converts or converts electrical energy from one voltage value to another by increasing or decreasing the voltage according to the desired output. One of the topologies of the DC-DC Converter is the Cuk Converter. The Cuk converter was chosen because it has a continuous current on the input and output sides. To get the optimum power value for solar panels, the MPPT (Maximum Power Point Tracker) method is needed on the DC-DC Converter. The algorithm used in this research is Incremental Conductance (IC). The output of this algorithm is a duty cycle which is used as a switching MOSFET in the converter. The IC method was chosen because it can produce higher output power and speed for the MPP (Maximum Power Point) tracker than the P&O (Perturb & Observe) method. The system was tested with 100 Wp solar panels. From the results of system testing using MPPT, the highest output power is obtained when the intensity of sunlight is 80000 Lux, which is 37.9W with an efficiency of 88%.*



## 1. PENDAHULUAN

Sumber energi listrik merupakan sumber yang paling banyak digunakan oleh manusia saat ini karena listrik merupakan kebutuhan yang vital dalam hidup manusia [1]. Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang banyak tersedia di Indonesia [2]. Penggunaan energi surya oleh *photovoltaic* menawarkan sumber energi yang ramah lingkungan [3]. Pada penelitian ini menggunakan tipe *polycrystalline* karena memiliki harga yang terjangkau dibanding tipe *monocrystalline* [4]. Karakteristik daya keluaran *photovoltaic* bervariasi dan sangat dipengaruhi oleh perubahan irradiansi sinar matahari dan temperatur permukaan *photovoltaic* [5]. Untuk mendapatkan daya optimal yang dihasilkan oleh *photovoltaic*, diperlukan metode MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) untuk mengontrol keluaran *photovoltaic* berupa arus dan tegangan. MPPT terdiri dari 2 bagian utama, yaitu metode algoritma MPPT dan *DC-DC Converter* [6].

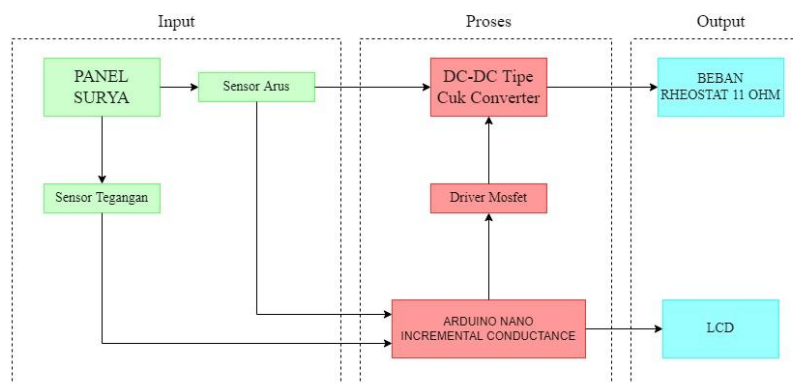
*DC-DC Converter* adalah suatu alat yang menyediakan tegangan searah dc yang dihasilkan melalui konversi tegangan masukan dc menjadi tegangan keluaran dc yang lebih tinggi atau rendah [7]. *DC-DC Converter* memiliki beberapa topologi antara lain yaitu *buck* [8], *boost* [9], *buck-boost* [10], *zeta* [11], *cuk* [12], dan *sepic* [13]. Pada penelitian ini menggunakan topologi *Cuk Converter*. Besaran keluaran topologi *Cuk Converter* ini dapat lebih rendah, bahkan sama dari tegangan input tergantung pada *duty cycle* [14]. Salah satu kelebihan dari *Cuk Converter* adalah mampu mengurangi *ripple* pada keluaran *photovoltaic* sehingga didapatkan kurva I-V yang akurat [15]. *Incremental Conductance* (IC) adalah algoritma yang digunakan untuk mencari daya optimal pada penelitian ini. Keluaran algoritma IC berupa *duty cycle* yang berfungsi untuk *switching converter*. *Incremental Conductance* didefinisikan sebagai ( $dI/dV$ ) dengan mendapatkan nilai konduktansi nyata dari *photovoltaic*, hal tersebut membuat akurasi algoritma *Incremental Conductance* lebih baik dari pada P&O [16].

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) yang berfungsi untuk mencari nilai MPP (*Maximum Power Point*) pada *photovoltaic* untuk menghasilkan daya maksimumnya. Algoritma kontrol yang digunakan pada metode MPPT berfungsi untuk mencari nilai MPP (*Maximum Power Point*) dengan menentukan tegangan operasi optimal berdasarkan pengukuran tegangan, arus dan daya keluaran *photovoltaic*. Untuk mencari titik MPP, algoritma IC menggunakan perbandingan *instantaneous conductance* ( $I/V$ ) dengan *incremental conductance* ( $dI/dV$ ) [3]. Disaat titik MPP ditemukan maka *output photovoltaic* akan bertahan pada posisi tersebut. Ketika terjadi perubahan kondisi cuaca maka mempengaruhi perubahan arus keluaran *photovoltaic*, mengatasi hal tersebut maka algoritma *Incremental Conductance* bekerja dengan menambah atau mengurangi *duty cycle* dengan tujuan menemukan titik MPP baru ketika terjadinya perubahan cuaca.

### 2.1 Diagram Blok

Penelitian ini berfokus pada mengoptimalkan kerja MPPT pada topologi *Cuk Converter*. Sistem Blok Diagram untuk menunjang penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 1 : Diagram Blok Sistem



Berdasarkan Gambar 1 diatas, panel surya 100WP berfungsi sebagai sumber arus dan tegangan utama pada sistem, sensor arus dan sensor tegangan berfungsi sebagai mengukur arus dan tegangan keluaran panel surya, Arduino Nano berfungsi sebagai pengolah data masukan atau keluaran pada sistem yang telah terprogram juga algoritma *Incremental Conductance* untuk mengatur *duty cycle*, *driver* mosfet berfungsi sebagai penguat sinyal PWM yang telah dihasilkan Arduino melalui algoritma IC untuk *switching* pada konverter, *Cuk Converter* berfungsi sebagai pengubah tingkatan arus atau tegangan pada sistem, beban yang digunakan berupa rheostat 11 ohm dan LCD berfungsi sebagai penampil data arus, tegangan dan data masukan pada sistem.

## 2.2 Perancangan Elektrik

### 2.2.2 Spesifikasi Panel Surya

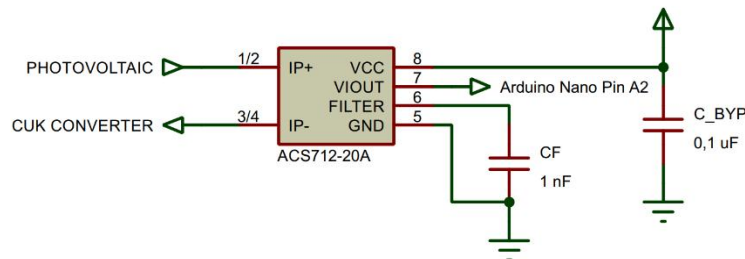
Pada penelitian ini menggunakan panel surya tipe SOLANA series yang menggunakan jenis *polycrystalline*. Tipe *polycrystalline* ini dipilih dikarenakan sudah sesuai kebutuhan pada system dan mempunyai kelebihan memiliki harga yang lebih murah dibandingkan tipe *monocrystalline* [4]. Berikut adalah spesifikasi panel surya tipe *polycrystalline* yang tertera pada Tabel 1 :

TABEL 1 : SPESIFIKASI PANEL SURYA

Parameter	Nilai	Satuan
Daya Maksimum (Pmax)	100	Wp
Tegangan Operasional Optimal (Vm)	17.8	V
Arus Operasi Optimal (Im)	5.62	A
Tegangan Open Circuit (Voc)	22.4	V
Arus Short Circuit (Isc)	5.95	A
Toleransi Daya	0 - 3	%

### 2.2.2 Perancangan Sensor Arus

Pada sistem ini menggunakan sensor arus ACS712. Sensor arus yang digunakan adalah ACS712-20A dikarenakan arus keluaran dari *photovoltaic* lebih dari 5A dan kurang dari 20A, serta ACS712-20A memiliki sensitivitas sebesar 100mV/A [17]. Berikut adalah gambar rangkaian sensor arus :

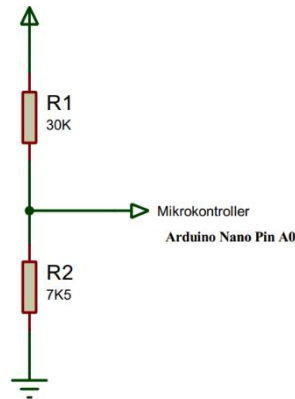


Gambar 2 : Rangkaian Sensor Arus ACS712

### 2.2.3 Perancangan Sensor Tegangan

Pada system ini sensor tegangan yang digunakan adalah rangkaian pembagi tegangan. Sensor tegangan pada system ini berfungsi untuk mendeteksi tegangan keluaran *photovoltaic*. Keluaran dari sensor terhubung ke pin analog mikro [18]. Tegangan keluaran *photovoltaic* yang diukur memiliki tegangan 1V-25V, sedangkan tegangan keluaran sensor yang terhubung mikrokontroler adalah 0V – 5V sebagai masukan pin analog mikrokontroler. Berikut adalah gambar rangkaian sensor tegangan :

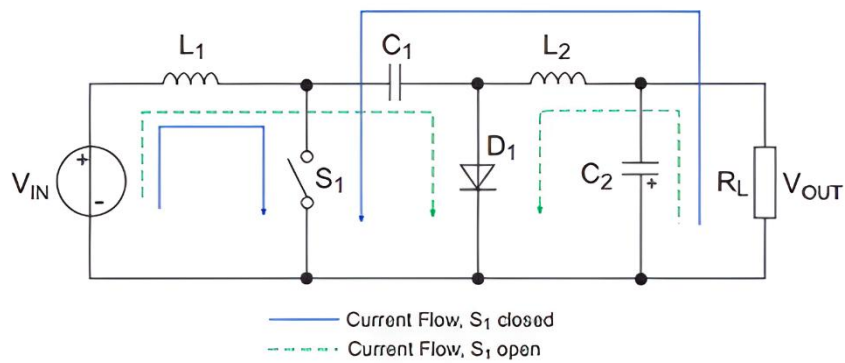




Gambar 3 : Rangkaian Pembagi Tegangan

### 2.2.4 Perancangan Cuk Converter

*Cuk Converter* adalah jenis rangkaian untuk menaikkan atau menurunkan tegangan yang berkarakteristik seperti rangkaian *Buck-Boost Converter* dengan arus riak yang mendekati nol [19]. Hasil keluaran tegangan output mempunyai polaritas yang berkebalikan dengan tegangan input [18]. Kelebihan dari converter ini adalah arus kontinu pada sisi input dan output. Berikut adalah gambar rangkaian *Cuk Converter*:



Gambar 4 : Rangkaian *Cuk Konverter* [19]

Berikut adalah tabel parameter rangkaian *Cuk Converter* sebelum dilakukan penentuan komponen dengan perhitungan :

TABEL 2 : PARAMETER RANGKAIAN *CUK CONVERTER*

Parameter	Nilai
Tegangan Masukan ( $V_{in}$ )	17,8 V
Arus Masukan ( $I_{in}$ )	5,62 A
Tegangan Keluaran ( $V_{out}$ )	24 V
Arus Keluaran ( $I_{out}$ )	Maksimal 3 A
Frekuensi Switching	31kHz
Riak Arus Induktor Input ( $\Delta L_i$ )	2,15 A
Riak Arus Induktor Output ( $\Delta L_o$ )	50% dari $I_{out}$
Riak Tegangan Kapasitor Pentransfer ( $\Delta V_{ct}$ )	3,5% dari $V_{out}$
Riak Tegangan Kapasitor Keluaran ( $\Delta V_{cd}$ )	1,14% dari $V_{out}$



Untuk mendapatkan nilai besaran komponen maka diperlukan perhitungan untuk menentukan nilai komponen yang digunakan sesuai dengan parameter pada table diatas.

a. Perhitungan Duty Cycle

$$V_o = V_{in} \frac{D}{1-D} \tag{1}$$

$$D = 0,57 \tag{2}$$

b. Perhitungan Nilai Induktor Input (L1)

$$L1 = \frac{D \times V_{in}}{\Delta I_L \times f_s} \tag{3}$$

$$L1 = 153,334 \text{ uH} \tag{4}$$

c. Perhitungan kapasitor pentransfer tegangan (C1)

$$C1 = \frac{D \times I_{dc}}{\Delta V_{ci} \times f_s} \tag{5}$$

$$C1 = 66,147 \text{ uF} \tag{6}$$

d. Perhitungan induktor output (L2)

$$L2 = \frac{(1-D) \times V_{dc}}{\Delta I_{Lo} \times f_s} \tag{7}$$

$$L2 = 219,7870042 \text{ uH} \tag{8}$$

e. Perhitungan kapsitor filter (C2)

$$C2 = \frac{I_{dc}}{\Omega \Delta V_{cd}} \tag{9}$$

$$C2 = 10,964 \tag{10}$$

Berdasarkan parameter pada tabel 2 dan persamaan 1-10, didapatkan nilai komponen *Cuk Converter* pada tabel 3 berikut.

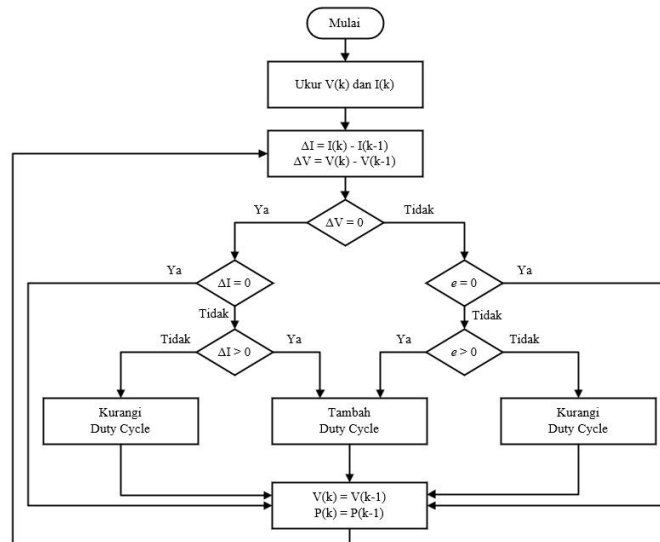
TABEL 3 : DAFTAR KOMPONEN *CUK CONVERTER*

Komponen	Nilai
L1	220 uH
C1	100 uF
L2	220 uH
C2	47 uF
R	11 Ω

### 2.3 Incremental Conductance

Algoritma *Incremental Conductance* yang ditunjukkan pada Gambar 5 adalah algoritma untuk menentukan nilai MPP (Maximum Power Point) pada penelitian ini. Untuk mencari titik MPP, algoritma IC menggunakan perbandingan *instantaneous conductance* (I/V) dengan *incremental conductance* (dI/dV) [3]. Algoritma IC dapat mencari titik MPP lebih cepat terhadap perubahan tingkat kecerahan matahari sehingga algoritma IC memiliki akurasi yang lebih baik dibanding algoritma P&O [16].





Gambar 5 : Algoritma *Incremental Conductance*

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Sensor Arus

Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan sensor arus ACS712-20A ke dalam rangkaian yang telah diberi beban secara seri. Berikut adalah tabel pengujian sensor arus :

TABEL 4 : PENGUJIAN SENSOR ARUS ACS712-20A

No	ACS712-20A (A)	Deko DM 133-D (A)	Error (%)
1	1,01	1	0,99
2	2,12	2,1	0,94
3	3,05	3,01	1,31
4	4,12	4,1	0,49
5	5,01	4,97	0,80
6	5,07	5,03	0,79
7	6,04	5,98	0,99
Rata Rata Error			0,92

Pada Tabel 4 terlihat bahwa pada pengukuran sensor arus ACS712-20A dengan multimeter Deko DM 133-D memiliki rata rata error sebesar 0,92%. Dapat disimpulkan bahwa sensor arus ACS712-20A dapat digunakan untuk alat ukur arus sebagai masukan algoritma *Incremental Conductance* (IC).

#### 3.2 Pengujian Tegangan

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan sumber power DC dari *power supply* pada sensor tegangan yang berupa rangkaian pembagi tegangan. Berikut adalah tabel pengujian sensor tegangan :

TABEL 5: PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN

No	Sensor (V)	Sanwa CD800a (V)	Error (%)
1	2,95	2,97	0,67
2	6,89	6,97	1,15
3	10,89	10,96	0,64
4	14,88	14,96	0,53
5	18,74	18,95	1,11
6	22,73	22,95	0,96
7	24,8	24,97	0,68
Rata Rata Error			0,82



Pada Tabel 5 terlihat bahwa pada pengukuran sensor tegangan yang berupa rangkaian pembagi tegangan dengan multimeter Sanwa CD800a memiliki rata rata error sebesar 0,82%. Dapat disimpulkan bahwa sensor tegangan yang berupa rangkaian pembagi tegangan alat ukur tegangan sebagai masukan algoritma *Incremental Conductance* (IC).

### 3.3 Pengujian *Cuk Converter*

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan tegangan DC *power supply* pada masukan rangkaian *Cuk Converter* dengan beban rheostat 11Ω. Berikut adalah tabel pengujian *Cuk Converter*:

TABEL 6 : PENGUJIAN *CUK CONVERTER*

Duty Cycle (%)	Vin (V)	Vout (V)	Iin (A)	Iout (A)	Pin (W)	Pout (W)	Effisiensi (%)
10	18	3,9	0,1	0,4	1,8	1,56	87
20	18	6,6	0,24	0,53	4,32	3,498	81
30	18	10,2	0,6	0,9	10,8	9,18	85
40	18	15	1,19	1,3	21,42	19,5	91
50	18	17,8	2,6	2,31	46,8	41,12	88
60	18	18,8	2,9	2,3	52,2	43,24	83
Rata-Rata Effisiensi							86

Pada tabel 6 terlihat bahwa pengujian *Cuk Converter* memiliki rata rata efisiensi sebesar 86%. tingkat efisiensi pada setiap *duty cycle* bergantung pada nilai frekuensi *switching* dan kapabilitas komponen yang digunakan pada rangkaian *Cuk Converter*. Disaat nilai *duty cycle* kurang dari 50% maka *Cuk Converter* bekerja dalam mode *buck* ( $V_{out} < V_{in}$ ), sedangkan saat *duty cycle* lebih dari 50% maka *Cuk Converter* bekerja dalam mode *boost* ( $V_{out} > V_{in}$ ).

### 3.4 Pengujian *Cuk Converter* Dengan Algoritma *Incremental Conductance*

Pengujian sistem ini dilakukan dengan menghubungkan *photovoltaic* pada masukan rangkaian *Cuk Converter* dengan beban rheostat 11Ω. Berikut adalah tabel pengujian *Cuk Converter* dengan algoritma *Incremental Conductance*:

TABEL 7 : HASIL PENGUJIAN *CUK CONVERTER* DENGAN ALGORITMA *INCREMENTAL CONDUCTANCE*

Waktu	Intensitas Cahaya (Lux)	Vin (V)	Vout (V)	Iin (A)	Iout (A)	Pin (W)	Pout (W)	Effisiensi (%)
9.45	110.000	18,43	2,16	20,8	1,65	39,8	34,3	86
10.15	98.000	18,51	2,21	21,2	1,63	40,9	34,6	84
10.45	105.300	18,43	2,18	21,7	1,61	40,2	34,9	87
11.15	63.000	18,52	2,31	21,33	1,62	42,8	34,6	81
11.45	115.000	19,21	2,57	21,9	1,73	49,4	37,9	77
12.15	198.000	18,87	2,29	21,3	1,78	43,2	37,9	88
12.45	120.000	18,91	2,34	20,21	1,82	44,2	36,8	83
13.15	187.000	18,93	2,52	19,95	1,97	47,7	39,3	82
13.45	46.000	17,41	1,98	20,07	1,48	34,5	29,7	86
14.15	110.000	18,28	2,19	19,88	1,63	40,0	32,4	81
14.45	50.000	17,33	2,04	18,19	1,68	35,4	30,6	86
15.15	45.150	15,57	1,77	17,28	1,32	27,6	22,8	83
15.45	32.000	15,31	1,9	16,98	1,37	29,1	23,3	80
Rata-Rata						39,6	33	83





Pada tabel 7 terlihat bahwa pengujian *Cuk Converter* dengan metode MPPT algoritma *Incremental Conductance* memiliki rata rata daya keluaran sebesar 33 W dan efisiensi sebesar 83%. Daya keluaran tertinggi terjadi pada pukul 13.15 dengan intensitas cahaya sebesar 187000 Lux yaitu 39,3 W, sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada pukul 12.15 dengan intensitas cahaya sebesar 198000 Lux yaitu sebesar 88%.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Sensor arus memiliki rata rata error sebesar 0,92%, sedangkan sensor tegangan memiliki rata rata error 0,82%.
2. Rata rata efisiensi keluaran rangkaian *Cuk Converter* dengan masukan power supply sebesar 86%.
3. Rata rata efisiensi optimasi daya pada sistem menggunakan metode MPPT *Incremental Conductance* dengan *Cuk Converter* dengan masukan *photovoltaic* sebesar 83%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Amiruddin, "Dc To Dc Converter Untuk Sistem Charger Accumulator Otomatis Energi Solar Cell," *J. Ilm. Teknosains*, vol. 4, no. 1, pp. 29–34, 2018, doi: 10.26877/jitek.v4i1.2304.
- [2] M. Effendy, N. A. Mardiyah, and K. Hidayat, "Implementasi Maximum Power Point Tracking pada *Photovoltaic* Berbasis P&O-Fuzzy," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 1, pp. 2–7, 2017, doi: 10.22146/jnteti.v6i1.302.
- [3] S. UTAMI, S. SAODAH, and A. PUDIN, "Penggunaan Algoritma Incremental Conductance pada MPPT dengan Buck Converter untuk Pengujian Indoor dan Outdoor," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 1, p. 97, Apr. 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i1.97.
- [4] T. Alamsyah, A. Hiendro, and Z. Abidin, "Analisis Potensi Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel Mono-Crystalline dan Poly-Crystalline Di Kota Pontianak dan Sekitarnya," *J. Tek. Elektron.*, p. 10, 2019.
- [5] I. Winarno, F. Teknik dan Ilmu Kelautan, U. Hang Tuah Surabaya Jl Arief Rachman Hakim No, and J. Timur, "Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia," *Univ. AMIKOM Yogyakarta*, 2018.
- [6] A. Fauzi, M. Facta, and S. Sudjadi, "Perencanaan Maximum Power Point Tracking (Mppt) Dengan Metode Perturb and Observe Pada Panel Surya," *Transient*, vol. 7, no. 4, p. 918, 2019, doi: 10.14710/transient.7.4.918-924.
- [7] F. Padillah and S. Saodah, "Perancangan dan Realisasi Konverter DC-DC Tipe Boost Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535," *J. Reka Elkomika ©Teknik Elektro | Itenas J. Online Inst. Teknol. Nas. J. Reka Elkomika*, vol. 2, no. 1, pp. 2337–439, 2014.
- [8] D. Dewatama, M. Fauziyah, and H. K. Safitri, "Optimasi Buck Converter Pada Solar Tree Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy," *J. Eltek*, vol. 15, no. 02, pp. 36–51, 2017, [Online]. Available: <https://elkolind.polinema.ac.id/index.php/eltek/article/view/117%0Ahttps://elkolind.polinema.ac.id/index.php/eltek/article/download/117/102>
- [9] D. Dewatama, M. Fauziyah, and H. K. Safitri, "Kendali Dc-Dc Converter Pada Portable Pico-Hydro Menggunakan Pid Controller," *J. Eltek*, vol. 16, no. 2, p. 113, 2018, doi: 10.33795/eltek.v16i2.103.
- [10] P. Hridya, A. Anu, R. Aiswary, and U. P. Syama, "Comparison of Speed Control of DC Motors with Buck, Buckboost and CUK Converter," *2018 Int. Conf. Control. Power, Commun. Comput. Technol. ICCPCCT 2018*, pp. 386–391, 2018, doi: 10.1109/ICCPCCT.2018.8574306.
- [11] K. Manikandan, A. Sivabalan, R. Sundar, and P. Surya, "A Study of Landsman, Sepic and Zeta Converter by Particle Swarm Optimization Technique," *2020 6th Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Syst. ICACCS 2020*, pp. 1035–1038, 2020, doi: 10.1109/ICACCS48705.2020.9074164.
- [12] A. Tripathi and A. Verma, "Design and implementation of Cuk converter for power factor correction of PMBLDC motor drive," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 2 Special Issue 11, pp. 2181–2193, Sep. 2019, doi: 10.35940/ijrte.B1233.0982S1119.
- [13] A. Kalaivani and S. K. Nandha Kumar, "Modifiedhigh Step-Upnon-Isolated Single Endedprimary Inductor Converter (SEPIC) for PV Applications," *2018 Natl. Power Eng. Conf. NPEC 2018*, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/NPEC.2018.8476709.
- [14] N. S. Jayalaksmi, D. N. Gaonkar, N. Anandh, and N. S. Kumar, "Design and implementation of single phase inverter based on Cuk converter for PV system," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 7, no. 2, pp. 585–591, 2017, doi: 10.20508/ijrer.v7i2.5452.g7033.
- [15] A. L. Safroni, I. Winarno, and D. Rahmatullah, "Rancang Bangun Mppt Cuk Converter Dengan Metode Hill Climbing Pada Wind Turbine Dengan Monitoring Iot," *Citee*, pp. 132–138, 2019.
- [16] A. Saleh, W. Hadi, M. C. Anwar, J. Kalimantan, and N. 37 Jember, "DESAIN KONTROL MAXIMUM POWER POINT TRAKER (MPPT) MENGGUNAKAN INCREMENTAL CONDUCTANCE (INC) PADA DC/DC TIPE SEPIC."
- [17] F. Integrated, H. E. Linear, and C. Sensor, "ACS712," pp. 1–14.
- [18] T. Sulis, R. Ika Putri, T. Elektronika, T. Elektro, and P. Negeri Malang, "JOURNAL OF APPLIED SMART ELECTRICAL NETWORK AND SYSTEMS (JASENS) Optimasi Sistem Photovoltaik Menggunakan Konverter Cuk Berbasis Metode Simple Perturb and Observe," vol. 2, no. 1, pp. 24–29, 2021, [Online]. Available: <http://journal.isas.or.id/index.php/JASENS>
- [19] D. Dewatama, S. Siswoko, H. K. Safitri, and O. Melfazen, "MPPT using Firefly Algorithm for Cuk Converter in *Photovoltaic*," *Elkha*, vol. 14, no. 1, p. 34, 2022, doi: 10.26418/elkha.v14i1.52461.

