

# SISTEM KONVERTER CUK DENGAN PENGENDALI KALANG TERBUKA (OPEN LOOP)

Andi Faturrahman Wahyu, R M Sisdarmanto Adinandra S.T.,M.Sc.,Ph.D

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia

Jl Kaliurang KM 14.5 Yogyakarta, Indonesia

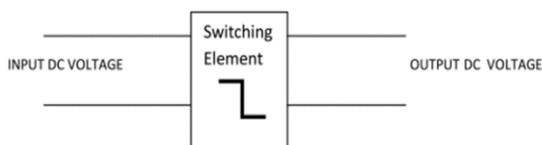
Arthurpopo.fw@gmail.com

Abstrak - Konverter DC adalah alat penyesuai level tegangan searah yang berfungsi ketika beban membutuhkan tegangan atau arus DC pada level tertentu, sedangkan sumber yang tersedia hanya mampu menyediakan tegangan DC pada level lain. Skripsi ini membahas tentang rancang bangun konverter CUK dengan pengendali kalang terbuka. Tegangan masukan yang diberikan adalah sebesar 10 Volt dengan frekuensi *switching* 50 KHz. Pengoperasian konverter CUK ini menggunakan kendali PWM yang terdiri dari arduino uno dan Gate driver. Perancangan awal Konverter CUK dilakukan dengan desain menggunakan aplikasi proteus. Konverter CUK ini terdiri dari 2 rangkaian perangkat keras yaitu rangkaian kendali PWM dan rangkaian utama konverter CUK. Pengujian konverter CUK menggunakan variasi beban yang berbeda yaitu 47Ω, 120 Ω, dan 560 Ω. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengamati tegangan keluaran dari konverter CUK berdasarkan dari pengaturan nilai *duty cycle* yang diberikan berkisar antara 10%-65%. Saat kondisi *duty cycle* < 50% Konverter CUK bekerja pada mode *buck*, sedangkan ketika *duty cycle* > 50% bekerja pada mode *boost*. Nilai tegangan keluaran minimal yang dihasilkan konverter CUK adalah -1,1 volt, sedangkan tegangan maksimal adalah -17,12 volt.

## II. Studi Literatur

### 2.1 Konverter DC-DC

Konverter DC-DC merupakan rangkain elektronik yang mengkonversikan *input* tegangan DC menjadi keluaran tegangan DC dengan nilai yang telah dioptimalisasikan. Konverter DC-DC yang akan dibahas pada skripsi ini adalah konverter DC-DC dengan jenis *switching-mode* DC-DC konverter. Tegangan DC masukan dari proses DC-DC konverter tersebut adalah berasal dari sumber tegangan DC yang biasanya memiliki tegangan masukan yang tetap. Pada dasarnya, tegangan keluaran DC yang ingin dicapai adalah dengan cara pengaturan lamanya waktu perhubungan antara sisi keluaran dan sisi masukan pada rangkaian yang sama.



Gambar 2.1 Konverter DC-DC

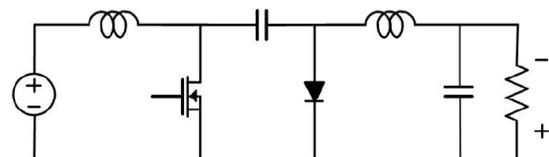
### 2.2 Dasar *Switching* Konverter

Pada dasarnya konverter memerlukan regulator *switching* dalam pengoperasiannya. Untuk konsep *switching* pada konverter DC-DC ada tiga konsep dasar yaitu *voltage inverter*, *step up* konverter, dan *step down* konverter. Semua regulator akan menyimpan energi pada periode “on” dari *switch*, dimana ketiganya menggunakan komponen : *switch*, *diode*, dan kapasitor atau induktor untuk menyimpan daya.

### 2.3 Konverter CUK

Topologi CUK ditunjukkan pada Gambar 2.5. Besaran tegangan keluaran dapat lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan *input* tergantung pada siklus tugas dan ada pembalikan polaritas pada *output* [9].

Induktor pada input bertindak sebagai filter untuk suplai DC untuk mencegah konten harmonik yang besar. Tidak seperti topologi konverter sebelumnya dimana transfer energi terletak pada induktor sedangkan transfer energi konverter CUK terletak pada kapasitor.



Gambar 2.5 Rangkaian umum konverter CUK

Persamaan yang digunakan dalam membuat konverter cuk yaitu:

1. Tegangan keluaran

$$V_{out} = V_{in} \left( \frac{D}{1-D} \right) \quad (2.1)$$

Dimana:

$$V_{out} = \text{Tegangan keluaran (volt)}$$

$V_{in}$  = Tegangan *input* (volt)  
 $D$  = *Duty cycle* (%)

2. Arus keluaran

$$I_{out} = \frac{V_{out}}{R} \quad (2.2)$$

Dimana :

$I_{out}$  = Arus keluaran (amp)  
 $R$  = Hambatan

3. Daya keluaran dan efisiensi

$$P_{in} = P_{out} \quad (2.3)$$

$$V_{in} \times I_{in} = V_{out} \times I_{out} \quad (2.4)$$

Dimana :

$P_{in}$  = Daya masukan (watt)

$P_{out}$  = Daya keluaran (watt)

$$\text{Efisiensi}(\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.5)$$

4. Nilai induktor

$$L = L1 = L2 = \frac{V_{in} \times D_{max}}{\Delta/L \times F_s} \quad (2.6)$$

Dimana:

$\Delta/L$  = Arus rata-rata induktor (Amp)

$L$  = Induktor (mH)

$F_s$  = frekuensi *switching* (KHz)

5. Jenis dioda

$$V_{RD} = V_{in} \times V_{out} \quad (2.7)$$

Dimana:

$V_{RD}$  = Tegangan drop (volt)

6. Nilai kapasitor

$$C_{min} > \frac{D_{max}}{F_s \left( \frac{0,05}{V_{out}} \right) R_{min}} \quad (2.8)$$

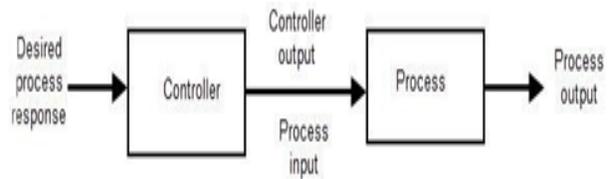
Dimana:

$C_{min}$  = Kapasitansi minimal ( $\mu$ F)

$R_{min}$  = Resistansi minimal (ohm)

## 2.4 Pengendali Kalang Terbuka

Kendali kalang terbuka adalah suatu sistem yang memiliki keluaran (*output*) tidak akan mempengaruhi terhadap sistem kontrol tersebut. Sehingga keluaran pada sistem tersebut tidak dapat dijadikan umpan balik.



Gambar 2.3 Blok diagram kendali kalang terbuka

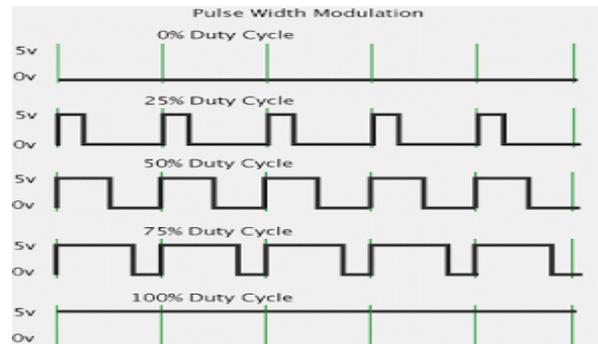
## 2.5 Gate Driver

Ada beberapa kriteria dalam menentukan *gate driver* yang digunakan, antara lain:

1. *Optocoupler* (IC driver) dapat memproteksi gangguan dari proses *switching*.
2. Sinyal PWM yang dihasilkan dari *optocoupler* harus terisolasi, sehingga arus balik pada kondisi *switching* tidak mengakibatkan panas pada MOSFET metodologi.

## 2.6 Pulse Width Modulation (PWM)

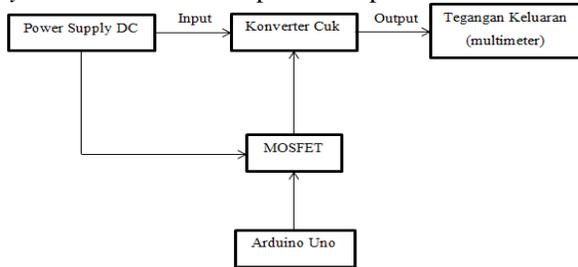
PWM adalah suatu metode modulasi pengaturan tegangan dengan mengubah atau mengatur periode ON ( $T_{on}$ ) pada tegangan yang berfrekuensi tetap atau sama.



Gambar 2.7 Tampilan Sinyal PWM

### III. Perancangan Sistem

Dalam proses penyelesaian tugas akhir ini dibutuhkan tahapan-tahapan dalam proses penyelesaian tugas akhir ini. Penelitian ini merancang sebuah konverter DC-DC topologi CUK. Secara garis besar perancangan *system* konverter cuk dapat dilihat pada Gambar 3.1.

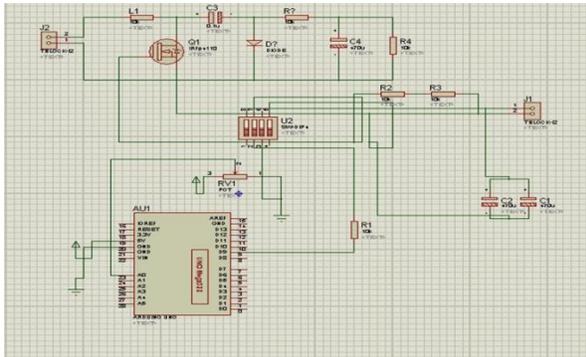


Gambar 3.1 Diagram blok sistem

Pada Gambar 3.1 sumber tegangan perancangan konverter CUK berasal dari *power supply*. Dalam perancangan konverter CUK digunakan arduino uno yang berfungsi untuk mengendalikan frekuensi dan *duty cycle*.

#### 3.1 Perancangan Sistem Konverter Cuk

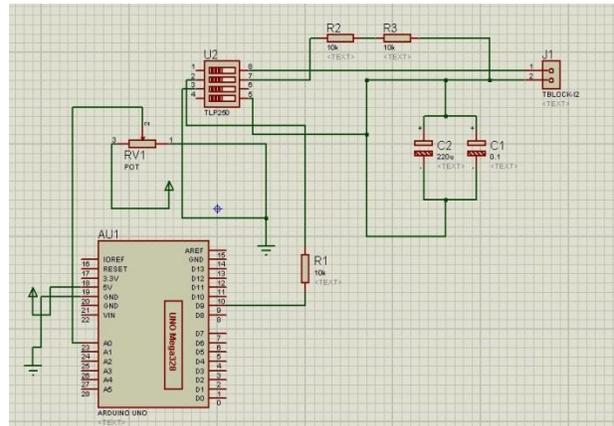
Perancangan sistem konverter cuk menggunakan tegangan masukan 10 volt. Perancangan *system* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Skema rangkaian konverter cuk

Gambar 3.2 merupakan skema dari rangkaian konverter CUK yang digunakan pada penelitian ini. Perancangan ini terdiri dari 2 *hardware* yaitu *hardware* utama untuk konverter CUK dan *hardware* untuk rangkaian kontrol konverter.

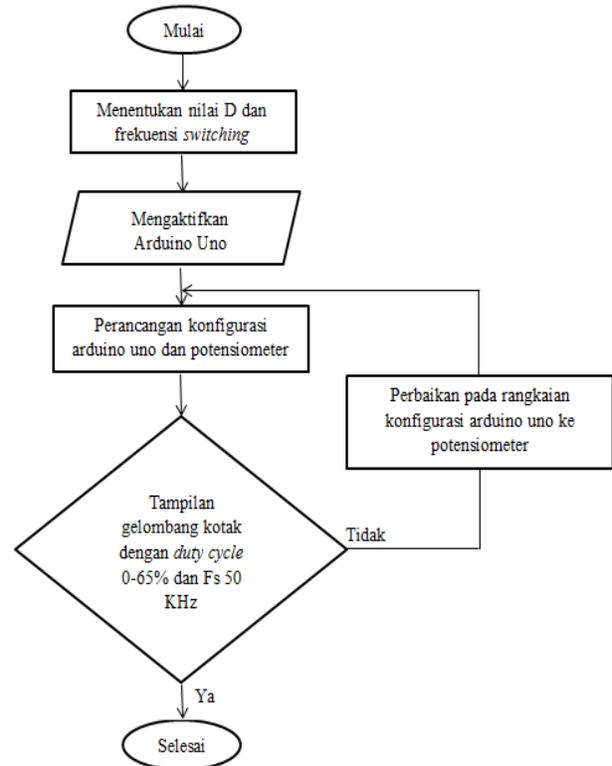
### 3.2 Rangkaian PWM



Gambar 3.3 Skema rangkaian pengendali PWM

Gambar 3.3 diatas merupakan skema rangkaian pengendali PWM yang digunakan dalam perancangan konverter CUK. Pengendali yang digunakan pada rangkaian ini adalah arduino uno. Arduino Uno digunakan untuk memberikan sinyal PWM.

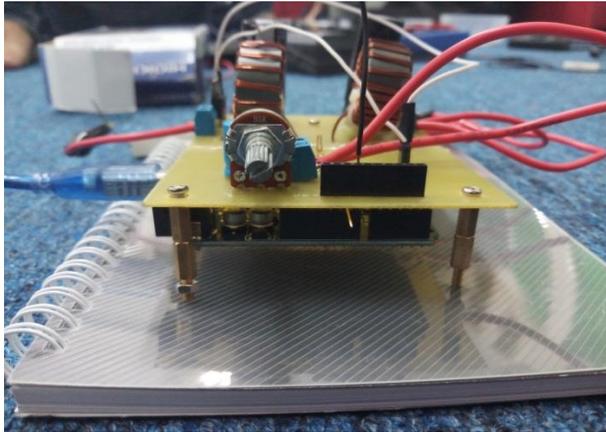
Diagram alir sistem kendali PWM konverter CUK dari arduino ditunjukkan pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Diagram Alir Arduino

## IV. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Hasil Perancangan converter CUK



Gambar 4.1 Hasil perancangan *converter* cuk

Dari gambar 4.1 diatas merupakan rangkaian konverter CUK dengan rangkaian kontrol PWM. Pengujian rangkaian konverter CUK diberi tegangan masukan 10 volt sedangkan tegangan masukan kontrol PWM sebesar 15 volt. Harapan yang diinginkan dari perancangan alat ini yaitu agar menghasilkan tegangan keluaran yang lebih besar atau lebih kecil dari tegangan masukan yang diberikan..

### 4.2 Hasil dan analisis pengujian kontrol PWM

Pada percobaan kontrol PWM dilakukan 2 kali pengujian yaitu pengujian pada arduino uno dan pengujian pada *gate driver* MOSFET. Tujuan dibagi menjadi dua pengujian yaitu untuk membandingkan hasil keluaran gelombang dari PWM. Hasil keluaran dari gelombang PWM dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Sinyal keluaran PWM dari arduino uno

Dari gambar 4.2 merupakan hasil keluaran sinyal dari osiloskop. Sinyal keluaran dari osiloskop merupakan sinyal yang berbentuk kotak dan sudah sesuai dengan hasil yang diharapkan. Jarak sinyal keluaran pada osiloskop disebabkan oleh nilai *duty cycle*. Untuk mengatur jarak sinyal keluaran dapat menggunakan potensiometer yang terhubung pada arduino uno sedangkan nilai frekuensi *switching* pada konverter CUK sebesar 50 KHz.



Gambar 4.3 Sinyal keluaran PWM dari *gate driver*

Dari Gambar 4.3 diatas terdapat *ripple* tegangan sebesar 6,74 volt. *Ripple* tegangan disebabkan oleh tegangan yang diberikan *gate driver* ke MOSFET. Cara menampilkan sinyal keluaran PWM dari *gate driver* dengan cara menyambungkan probe osiloskop ke kaki 7 pada IC TLP250.

### 4.3 Hasil dan Analisis konverter CUK

Percobaan konverter CUK dilakukan dengan menambahkan beban 560Ω, 120Ω, 47Ω. Tujuan dari penambahan beban pada percobaan ini yaitu untuk membandingkan tegangan keluaran, arus keluaran dan daya keluaran. Untuk mengetahui pengujian konverter CUK dapat dilihat pada Gambar 4.4



(a) *Duty cycle* 20%



(b) Duty cycle 30%

Gambar 4.4 (a) dan (b) merupakan Sinyal keluaran konverter CUK

Perbedaan sinyal keluaran disebabkan oleh perubahan nilai *duty cycle*. Semakin besar nilai perubahan *duty cycle* maka tegangan *peak to peak* ( $V_{pp}$ ) yang dihasilkan semakin besar dan noise yang dihasilkan semakin banyak.

Hasil pengujian converter CUK dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.3 dengan variasi beban antara 560Ω, 120Ω, dan 47Ω..

Tabel 4.1 Pengujian dengan menggunakan beban 560Ω

$V_{in}$ (V)	$I_{in}$ (A)	$P_{in}$ (Watt)	Duty cycle (%)	$V_{out}$			$I_{out}$ (A)	$P_{out}$ (Watt)	Efisiensi (%) (Pers. 2.5)
				Matematis (Pers. 2.1)	Pengukuran	Selisih			
10	0,007	0,07	10	1,11	-1,56	2,67	0,01	-0,015	21,42
10	0,009	0,09	15	1,76	-2,19	3,95	0,01	-0,021	23,33
10	0,01	0,1	20	2,5	-2,54	5,04	0,02	-0,050	50
10	0,01	0,1	25	3,33	-3,54	6,87	0,02	-0,070	70
10	0,02	0,2	30	4,28	-4,33	8,61	0,03	-0,129	64,5
10	0,02	0,2	35	5,38	-5,56	10,94	0,03	-0,166	83
10	0,03	0,3	40	6,66	-6,65	13,31	0,04	-0,266	88,67
10	0,05	0,5	45	8,18	-8,5	16,68	0,04	-0,34	68
10	0,05	0,5	50	10	-10	20	0,04	-0,4	80
10	0,06	0,6	55	12,22	-11,6	23,822	0,05	-0,58	96,67
10	0,13	1,3	60	15	-14,7	29,7	0,05	-0,735	56,53
10	0,68	6,8	65	18,57	-17	35,57	0,3	-5,1	75

Berdasarkan Tabel 4.1 diatas dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi nilai *duty cycle*, maka tegangan keluaran dan arus keluaran semakin besar. Jika nilai *duty cycle* lebih dari 50% maka konverter CUK berfungsi sebagai *boost* konverter dan sebaliknya jika nilai *duty cycle* kurang dari 50% maka konverter CUK berfungsi sebagai *buck* konverter. Nilai efisiensi terkecil pada pengujian beban 560Ω terletak pada nilai *duty cycle* 10%

sebesar 21,42% sedangkan nilai efisiensi terbesar terdapat pada nilai *duty cycle* 55% sebesar 96,67%.

Tabel 4.2 Pengujian dengan beban 120Ω

$V_{in}$ (V)	$I_{in}$ (A)	$P_{in}$ (Watt)	Duty cycle (%)	$V_{out}$			$I_{out}$ (A)	$P_{out}$ (Watt)	Efisiensi (%) (Pers. 2.5)
				Matematis (Pers. 2.1)	Pengukuran	Selisih			
10	0,01	0,1	10	1,11	-1,28	2,39	0,01	0,012	12
10	0,01	0,1	15	1,76	-2,03	3,79	0,015	0,030	30
10	0,01	0,1	20	2,5	-2,29	4,79	0,017	0,038	38
10	0,02	0,2	25	3,33	-3,1	6,43	0,024	0,074	37
10	0,02	0,2	30	4,28	-4,06	8,34	0,03	0,121	60,5
10	0,03	0,3	35	5,38	-5,2	10,58	0,04	0,208	69,3
10	0,04	0,4	40	6,66	-6,3	12,96	0,05	0,315	78,75
10	0,07	0,7	45	8,18	-7,7	15,88	0,065	0,500	71,42
10	0,09	0,9	50	10	-9,27	19,27	0,075	0,695	77,22
10	0,14	1,4	55	12,22	-11,31	23,53	0,09	1,017	72,64
10	0,20	2	60	15	-13,8	28,8	0,11	1,518	75,9
10	0,33	3,3	65	18,57	-17,12	35,67	0,13	2,225	67,42

Berdasarkan Tabel 4.2 diatas dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi nilai *duty cycle*, maka tegangan keluaran dan arus keluaran semakin besar. Jika nilai *duty cycle* lebih dari 50% maka konverter CUK berfungsi sebagai *boost* konverter dan sebaliknya jika nilai *duty cycle* kurang dari 50% maka konverter cuk berfungsi sebagai *buck* konverter. Nilai efisiensi tertinggi pada pengujian beban 120Ω terletak pada nilai *duty cycle* 50% sebesar 77,64% sedangkan nilai efisiensi terkecil terdapat pada nilai *duty cycle* 10% sebesar 12%.

Tabel 4.3 Pengujian dengan beban 47Ω

$V_{in}$ (V)	$I_{in}$ (A)	$P_{in}$ (Watt)	Duty cycle (%)	$V_{out}$			$I_{out}$ (A)	$P_{out}$ (Watt)	Efisiensi (%) (Pers. 2.5)
				Matematis (Pers. 2.1)	Pengukuran	Selisih			
10	0,01	0,1	10	1,11	-1,1	2,21	0,018	0,019	19
10	0,01	0,1	15	1,76	-1,75	3,51	0,029	0,050	50
10	0,02	0,2	20	2,5	-2,1	4,6	0,04	0,084	42
10	0,03	0,3	25	3,33	-3	6,33	0,055	0,165	55
10	0,04	0,4	30	4,28	-3,54	7,79	0,07	0,247	61,75
10	0,07	0,7	35	5,38	-4,8	10,18	0,09	0,432	61,71
10	0,10	1	40	6,66	-6	12,66	0,12	0,72	72
10	0,14	1,4	45	8,18	-7,44	15,62	0,145	1,078	77
10	0,20	2	50	10	-8,7	18,7	0,17	1,479	73,95
10	0,32	3,2	55	12,22	-11,24	23,46	0,22	2,472	77,25
10	0,45	4,5	60	15	-13,15	28,15	0,25	3,287	73,04
10	0,76	7,6	65	18,57	-16,20	34,77	0,35	5,67	74,60

Berdasarkan Tabel 4.3 diatas dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi nilai *duty cycle*, maka tegangan keluaran dan arus keluaran semakin besar. Jika nilai *duty cycle* lebih dari 50% maka konverter CUK berfungsi sebagai *boost* konverter dan sebaliknya jika nilai *duty cycle* kurang dari 50% maka konverter CUK berfungsi sebagai *buck* konverter. Nilai efisiensi tertinggi pada pengujian beban 120Ω terletak pada nilai *duty cycle* 55%

sebesar 77,25% sedangkan nilai efisiensi terkecil terdapat pada nilai *duty cycle* 10% sebesar 19%.

## V. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil perancangan dan pengujian konverter cuk sebagai berikut:

1. Tegangan keluaran berbanding terbalik dengan tegangan masukan.
2. Jika *duty cycle* < 50% maka konverter CUK bekerja secara *buck* sedangkan apabila *duty cycle* > 50% maka konverter CUK bekerja secara *boost*
3. Tegangan terkecil yang dihasilkan dari ketiga percobaan beban terdapat pada beban 560Ω dengan tegangan keluaran sebesar -1,1 volt dengan *duty cycle* 10% sedangkan tegangan keluaran terbesar pada percobaan menggunakan beban 120Ω dengan tegangan 17,12 volt dengan *duty cycle* 65%

### 5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan penulis jika penelitian ini kedepannya akan dikembangkan yaitu menggunakan jenis induktor transformer agar dapat menahan arus sehingga dapat meminimalisir terjadinya *drop* tegangan.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyu Hiskia Surbakti dkk, "Analisis Permintaan Riil Energi Listrik di Jawa Tengah dan D.I. Yogyakarta, Diponegoro *Journal Of IESP*, Volume 2, Nomor 1, Tahun 2013, Halaman 1.
- [2] F.KHELIFI, B.Nadji, Y.CHELALI, "Study Of The Reliability Of Static Converter For Photovoltaic Applicatin", *University of Boumerdes, Algeria*, 2015.
- [3] Selamat Meliala, "Analisis Tegangan Keluaran DC Step Up CUK Konverter Menggunakan Fuzzy Logic Kontrol", *Journal Of Electrical Technology*, Vol.1, No.1, Pebruari 2016.
- [4] Chopper Rashid, M. H, "Power Electronics : Circuit, Devices, and Application", *New Jersey : Prentice-Hall International Inc.* 1993.
- [5] Tri Andini A dkk, "Perancangan Battery Kontrol Unit (BCU) Dengan Menggunakan Topologi CUK Konverter pada Instalasi Tenaga Surya", Vol.1, No.4, 2013.
- [6] Suko Pandu A, "Pembuatan Alat Pereduksi Gas CO2 pada Asap Rokok Berbasis CUK Flyback Tegangan Tinggi", *Jurnal Transient*, Vol.4, No. 4, Desember 2015.
- [7] Mohamad Lukmanul Hakim dkk, "Analisis perbandingan buckboost konverter dan CUK konverter dengan pemacu mikrokontroler ATmega 8535 untuk aplikasi kinerja peningkatan panel surya", *Transmisi*, Vol.18, No.3, Juli 2016.
- [8] Rustamaji, "Disain Switching Power Supplies", *Politeknik Negeri Bandung*, Oktober 2013.
- [9] Jayalaksmi N.S, "Design and Implementation Of Single Phase Inverter Based on Cuk Converter for PV System", *International Journal of Renewable Energy Research*, Manipal Institute of Technology, Vol.7, No.2, India, 2017.
- [10] D. W. Hart, "Power Electronics", *New York: McGraw-Hill*, 2010.
- [11] J. Stefano dan J. William, "Feedback and Control Systems," *New York: McGraw-Hill*, 2011.
- [12] Keng C Wu, "Pulse Width Modulated DC-DC Converter", *New York: Chapman & Hall : International Thomson*, 1997.