

# Sistem Kontrol *Fuzzy Logic* Pada Tegangan Output *Buck Converter* untuk *Solar Charger* Berbasis *Arduino Uno R3*

Rizki Romadhon  
fk\_te@yahoo.com  
Universitas Jember

Triwahju Hardianto  
triwahju@unej.ac.id  
Universitas Jember

Widyono Hadi  
widyono@unej.ac.id  
Universitas Jember

## Abstrak

Solar Cell merupakan sebuah alat energi terbarukan yang memanfaatkan sinar matahari untuk merubah energi dari cahaya menjadi energi listrik. Solar Cell banyak dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan salah satunya adalah digunakan untuk charge baterai aki dan handphone. Namun solar cell memiliki karakteristik dimana pada saat kondisi cuaca mendung maka tegangan output dari solar cell akan turun juga. Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan sistem kontrol fuzzy logic sehingga didapatkan kestabilan pada tegangan output dari solar cell. Sebagai perantara dari solar cell untuk charge baterai aki dan handphone menggunakan buck converter. Besarnya nilai keluaran dari solar cell akan diatur mealalui buck converter yang dikontrol dari mikrokontroler. Tahapan pembuatan program fuzzy logic yang dilakukan antara lain fuzzyfication, inference dan defuzzyfication. Pembuatan pemodelan sistem fuzzy mengubah hasil dari pemodelan sistem fuzzy yang dirancang menjadi program agar dapat di input ke *Arduino UNO R3*. Analisa perbandingan yang dilakukan adalah drop tegangan pada keadaan closed loop dan open loop fuzzy logic serta kestabilan dari tegangan keluaran buck converter yang digunakan untuk charge baterai aki dan handphone.

**Kata Kunci** — Baterai Aki, *Buck Converter*, *Fuzzy Logic*, *Handphone*, *Solar Cell*.

## Abstract

Solar Cell is a renewable energy tool which convert solar energy into electrical energy. Solar Cell are used for several purposes like charge battery and cell phone batteries. However, the solar cell has a characteristic when the weather is cloudy the output voltage of the solar cell will decrease. The purpose of this study was to apply fuzzy logic control system to obtain the stability of the output voltage of the solar cell. As the intermediary of the solar cell to charge the battery and cell phone battery using buck converter. The value of the output of the solar cell will be set from controlled buck converter of the microcontroller. The Stages of making fuzzy logic program is fuzzyfication, inference and defuzzyfication. Making the fuzzy system modelling alter the results of modelling fuzzy systems are designed to be a program that can be input to the *Arduino UNO R3*. Comparative analysis is done by voltage drop across the state closed loop and open loop fuzzy logic as well as the stability of the output voltage of the buck converter is used to charge the battery and cell phone batteries

**Keywords** — PCA, *Surveillance*, Internet of Things.

## I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi di dunia, masa kini banyak orang yang menggunakan teknologi canggih yang berbasis pada energi didalamnya. Semisal handphone, powerbank, dll [1]. Kebutuhan energi didalam gadget – gadget tersebut sangatlah penting bagi para penggunaanya, melihat saat ini smartphone merupakan salah satu sumber informasi di dalam kehidupan sehari-hari. Mendapatkan energi untuk teknologi-teknologi tersebut tidaklah mudah untuk para pengguna yang tingkat kesibukannya tinggi dan di luar rumah, dengan tidak adanya seluran energi listrik atau terminal listrik maka akan susah mendapatkan energi. Disisi lain, orang-orang yang tempat kerjanya jauh dari rumah, banyak yang menggunakan sepeda untuk menghindari kemacetan lalu lintas, ada juga yang berolah raga menggunakan sepeda untuk menjaga kebugaran tubuh. Dengan banyaknya kesibukan diatas, untuk mendapatkan energi yang cukup sangatlah susah dan tidak efisien atau tidak maksimal, dengan demikian informasi yang didapat melalui sebuah smartphone akan terhambat, dikarenakan kekurangan energi didalamnya.

Dari permasalahan yang tersebut maka dapat dirancang suatu alat yang dapat mempermudah mendapatkan energi yaitu “Solar Charger Portable “.Untuk itu pada penelitian ini penulis memberikan inovasi baru pada Sistem Kontrol Fuzzy Logic Pada Tegangan Output Buck Converter Untuk Solar Charger Berbasis *Arduino UNO R3* dengan pemberian RTC ( Real Time Clock ), Data Logger untuk menyimpan data secara otomatis, dan menggunakan metode kontrol Fuzzy Logic untuk mendapatkan Embedded Solar Charger sehingga bisa mendapatkan hasil yang lebih optimal.

## II. METODE

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu: Tahap persiapan, meliputi mencari sumber literatur yang berkaitan dengan penelitian ini. Tahap perancangan plan dan sistem kontrol, meliputi perancangan plant dan sistem kontrol dimana ditahap ini dilakukan perancangan beberapa komponen pengendali seperti sensor tegangan, buck converter dan plan secara keseluruhan. Tahap pengujian, melakukan percobaan pengujian antara lain sensor tegangan untuk mendapat

pembacaan sensor yang baik. Kemudian pengujian buck converter serta pengujian pada panel surya yang digunakan.

Pada dasarnya prinsip kerja dari sistem kontrol fuzzy logic pada solar charger berbasis arduino uno R3, dapat dilihat dari Gambar 1 yang merupakan gambaran dari blok diagram sistem secara keseluruhan. Panel surya yang digunakan dalam plan ini yaitu panel surya 10 wp polycrystalline. Output dari panel surya sebesar 17 V – 21 V, sedangkan untuk mencharge sebuah battery tegangannya harus 13.8 V – 14.7 V. Maka dari itu diperlukan buck converter untuk menurunkan tegangannya. Buck converter mengatur besarnya berdasarkan duty cycle, sedangkan duty cycle diatur oleh sebuah kontrol yang berupa arduino uno R3 melalui besarnya PWM. Di dalam Arduino ini terdapat kontrol berupa fuzzy logic yang akan merespon ketika pada saat panel surya digunakan untuk charger battery. Kontrol fuzzy logic ini juga akan mengatasi apabila terjadi drop tegangan sehingga mempertahankan output tegangan berada pada set poin. Sensor tegangan dipasang bertujuan untuk mengetahui output tegangan dari panel surya, buck converter dan juga digunakan sebagai input dari Arduino yang berupa ADC. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 1.

A. Perancangan Perangkat Keras

Sensor tegangan dibangun dari rangkaian pembagi tegangan. Perancangan sensor tegangan dilakukan dengan menyusun resistor secara seri [2]. Rangkaian pembagi tegangan ini menggunakan resistor 30 kΩ dan resistor 6k8 Ω. Tujuan dari dirangkainya secara seri agar dapat membaca tegangan 0 – 27.05 V dan perbandingan tegangan untuk diberikan ke arduino uno R3 0 – 5 V.

Untuk perhitungan dari perancangan sensor tegangan ini dapat dilihat seperti pada persamaan 1

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times R_2}{(R_1 + R_2)} \dots\dots\dots(1)$$

dimana,  $V_{out} = 5$ ;  $V_{in} = 27.05$ ;  $R_1 = 30 \text{ k}\Omega$

$$5 = \frac{27.05 \times R_2}{(30k + R_2)}$$

$$5 \times (30k + R_2) = 27.05 \times R_2$$

$$150k + 5R_2 = 27.05R_2$$

$$R_2 = \frac{150k}{22.05}$$

$$R_2 = 6k8 \Omega$$

Pada penelitian kali untuk mengatur besarnya tegangan yang diberikan pada solar charger maka digunakan sebuah buck converter dimana untuk skematik rangkaian buck converter dapat dilihat pada Gambar 3. Pada buck converter ini menggunakan IGBT IRF540N. IGBT tersebut mampu menahan tegangan antara collector dan emitter hingga 100 V, sedangkan optocoupler digunakan untuk memisah tegangan yang lebih tinggi dari tegangan yang digunakan pada komponen arduino uno R3 agar ketika terjadi kesalahan pada tegangan yang lebih tinggi, arduino uno R3 akan tetap aman dan juga berfungsi sebagai switching device untuk IGBT [3]. Nilai C1 dan C2

adalah 470 μF dan nilai induktor yang digunakan adalah 22.0 mH dengan hambatan yang digunakan adalah 914 Ω.

Agar buck converter bekerja secara kontinu diperlukan perhitungan nilai frekuensi yang digunakan, dengan persamaan 2.

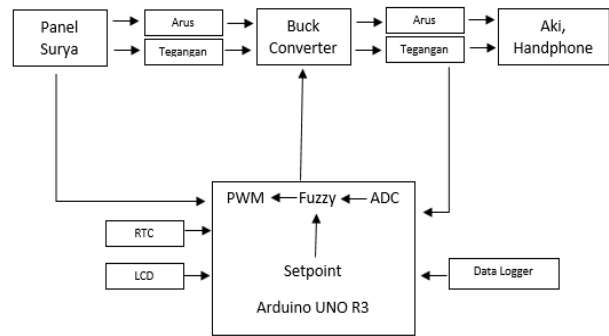
$$f > \frac{(1-D)R}{2L} \dots\dots\dots(2)$$

dimana,  $R = 914 \Omega$  dan  $L = 22 \text{ mH}$

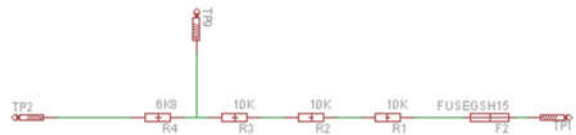
$$f > \frac{(1-D)914}{2(22 \times 10^{-3})}$$

$$f > 20772.72 (1-D)$$

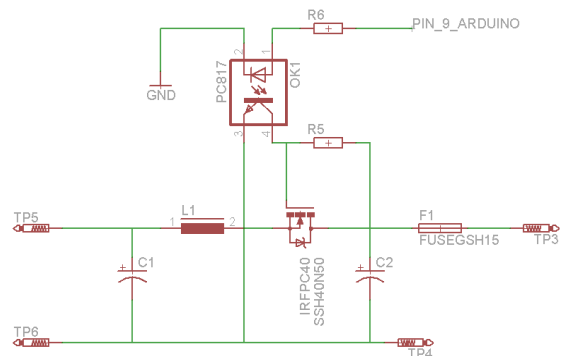
jadi agar semua kondisi duty cycle terpenuhi maka didapatkan nilai frekuensi harus lebih dari 20,772.72 Hz.



Gambar 1 Blok Diagram Sistem



Gambar 2 Skematik Sensor Tegangan



Gambar 3 Skematik Rangkaian Buck Converter

B. Perancangan Sistem Kendali Fuzzy

Perancangan kontrol fuzzy pada sistem solar charger ini dirancang dengan perhitungan secara sistematis. Dimana logika fuzzy ini akan diimplementasikan secara langsung kedalam sebuah *embedded system* yang berupa arduino uno R3. Tahap pembuatan *fuzzy logic control* ini dilakukan melalui beberapa tahap yaitu dimulai dari tahap *fuzzyfikasi* dimana terdiri dari pembuatan *membership function*, kemudian dilanjutkan ketahap *inferent* dimana pada tahap ini merupakan proses pembuatan *rule base* dan kemudian ketahap *defuzzyfikasi* yaitu proses *output* yang diperoleh dari keseluruhan proses [4]. Tahapan-tahapan *fuzzy logic control* dapat dilihat dengan jelas pada Gambar 4.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian kali ini dilakukan dengan beberapa pengujian diantaranya pengujian sensor tegangan, buck converter, pengujian pemberian beban dan pengujian keseluruhan.

A. Pengujian Sensor Tegangan

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, untuk mendapatkan kontrol yang baik dari *feedback* sensor tegangan maka perlu dilakukan pengujian pada sensor tegangan dengan membandingkan pembacaan sensor dengan digital multimeter yang telah dikalibrasi. Pada pengujian ini menggunakan *power supply* sebagai sumber tegangannya. Untuk kalibrasi sensor tegangan dengan menggunakan program dibawah ini:

```
int bacaSensor[10];
int tegRata=0;
void loop() {
    tegRata=0;
    for(int i=0;i<=9;i++){
        bacaSensor[i]=analogRead(A0);
        tegRata=tegRata+bacaSensor[i];
    }
    tegRata=(tegRata/10);
    tegangan = (0.0235*(tegRata)) - (0.0059);
}
```

Setelah sensor tegangan dikalibrasi selanjutnya adalah melihat hasil dari pengujian sensor tegangan yang terdapat pada Tabel 1.

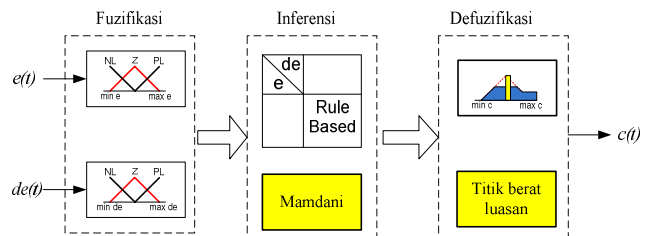
Pada tabel pengujian sensor tegangan dapat diketahui untuk akurasi pembacaan pada sensor tegangan yang dibandingkan dengan pembacaan pada digital multimeter. Dari pengujian ini juga dapat diketahui seberapa besar nilai *error* dari nilai pembacaan sensor atau selisih dengan pembacaan pada digital multimeter. Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan besarnya *range* pengujian sekitar kelipatan 2,5 Volt. Untuk grafik dari perbandingan pengujian sensor tegangan dapat dilihat seperti Gambar 5.

B. Pengujian Buck Converter

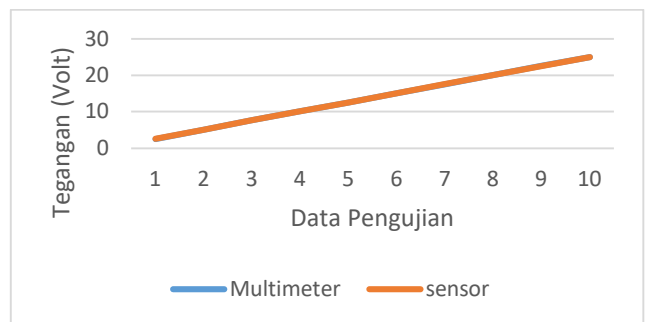
Pada pengujian yang kedua yaitu pegujian *buck converter* dimana untuk pengujian *buck converter* ini dilakukan pengujian pada segi efisiensi dan perbandingan *duty cycle* dan *output* tegangan. Pengujian bertujuan untuk mengurangi rugi-rugi daya yang ada pada sistem *solar charger*. Untuk pengujian *duty cycle* dilakukan secara variasi dengan kelipatan 10 %. Sedangkan nilai efisiensi diperoleh dari pengukuran arus dan tegangan pada sisi *input* dan juga *output* sesuai dengan besarnya nilai *duty cycle* dari 10% sampai dengan 100%. Dari data pengujian yang dilakukan juga akan mendapatkan perbandingan antara *duty cycle* dan *output* tegangan pada *buck converter*. Pada pengujian ini menggunakan *power supply* sebagai sumber tegangannya. Data yang diperoleh dari pengujian pada *buck converter* untuk lebih jelasnya seperti pada Tabel 2.

TABEL I  
PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN

Digital Multimeter (Volt)	Sensor Tegangan (Volt)	Error %
2,54	2,56	0,78
5,00	5,02	0,40
7,67	7,63	0,52
10,12	10,08	0,39
12,50	12,52	0,16
15,00	15,01	0,06
17,52	17,55	0,17
20,05	20,02	0,10
22,55	22,53	0,08
25,00	25,05	0,20
	Rata-rata	0,286



Gambar 4 Blok diagram sistem kendali fuzzy



Gambar 5 Pengujian sensor tegangan dengan multimeter

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa besarnya nilai *duty cycle* maka besarnya *output* tegangan yang dihasilkan oleh *buck converter* akan semakin besar juga. Begitu juga pada arus *output* yang besarnya dipengaruhi oleh besarnya nilai *duty cycle* yang diberikan. Untuk besarnya nilai *duty cycle* 10%, arus *output* yang dihasilkan yaitu 0,00747 Ampere sedangkan pada *duty cycle* sebesar 100%, maka arus *output* yang dihasilkan oleh *buck converter* yaitu sebesar 0,166 Ampere. Untuk besarnya nilai *duty cycle* 10%, *output* tegangan yang dihasilkan yaitu 0,4 Volt sedangkan pada *duty cycle* sebesar 100%, maka *output* tegangan yang dihasilkan oleh *buck converter* yaitu sebesar 17,5 Volt. Hal ini dapat dilihat karakteristik dari *duty cycle* dengan *output* tegangan *buck converter* seperti pada Gambar 6. Dari hasil pengujian ini menunjukkan bahwa *buck converter* ini dapat digunakan untuk sistem kontrol *fuzzy logic* yang akan dibuat karena menunjukkan perbandingan mendekati linier antara *duty cycle* dan *output* tegangan.

Pada pengujian selanjutnya untuk mendapatkan daya *input* dan daya *output* serta persentase efisiensi pada *buck converter* maka menggunakan resistor 330 Ω sebagai beban. Dan pengujian ini didapatkan hasil seperti pada Tabel 3.

Untuk besarnya nilai daya yang dihasilkan akan sama dengan besarnya nilai *duty cycle* yang diberikan pada *buck converter*. Dimana pada *duty cycle* 10% maka besarnya daya *input* yaitu 0,0104 watt sedangkan untuk daya *output* yaitu 0,0029 Watt. Kemudian untuk besarnya *duty cycle* 100% maka daya *input* yaitu 3,2 watt dan untuk besarnya daya *output* yaitu 2,905 Watt. Begitu juga dengan nilai efisiensi yang dihasilkan pada *buck converter*, semakin besar nilai *duty cycle* yang diberikan maka efisiensi dari *buck converter* tersebut semakin besar. Untuk *duty cycle* 100% nilai efisiensinya sebesar 90,78 %.

C. Pengujian Buck Converter Tanpa Kontrol

Pengujian pada *buck converter* ini dilakukan dengan pengambilan data *buck converter* pada saat diberi beban. Pemberian beban yang digunakan yaitu beban resistif berupa resistor kapur. Pada pengujian ini menggunakan resistor kapur dengan nilai yang bervariasi, diantaranya adalah sebesar 18 Ohm, 33 Ohm, 47 Ohm. Untuk pengujian ini menggunakan sumber tegangan dari *power supply*. Untuk data hasil pengujian dapat dilihat seperti pada Tabel 4.

Dari tabel pengujian pemberian beban pada *buck converter* tanpa kontrol tersebut didapatkan grafik perbandingan dari *drop* tegangan ketika diberi variasi beban. Untuk grafik pemberian beban dengan sistem *open loop* dapat dilihat seperti Gambar 7.

D. Pengujian Buck Converter Menggunakan Kontrol Fuzzy Logic

Pada pengujian dengan beban pada *buck converter* ini dilakukan secara bertahap. Yang dimaksud bertahap dalam hal

ini yaitu dimana akan diberi beban secara bergantian mulai dari 18 Ohm, 33 Ohm, 47 Ohm. Untuk pengujian ini menggunakan sumber tegangan dari *power supply*. Sedangkan untuk *setpoint* yang ditetapkan adalah 14 Volt. Dari pengujian pemberian beban ini nantinya akan diketahui respon dari kontrol *fuzzy logic*.

Dari pengujian yang telah dilakukan pada masing-masing beban lampu yang diberikan dapat dilihat pada Tabel 5. Dari hasil pengujian pemberian beban terhadap *output* tegangan pada *buck converter* dengan kontrol fuzzy, maka dapat dihasilkan grafik perbandingan respon kontrol dari masing-masing pengujian dengan variasi beban yang diberikan. Dimana grafik membandingkan besarnya nilai *drop* tegangan yang terjadi dan juga respon dari kontrol untuk mengembalikan kestabilan *output* tegangan dari *buck converter*. Untuk grafik dapat dilihat seperti Gambar 8.

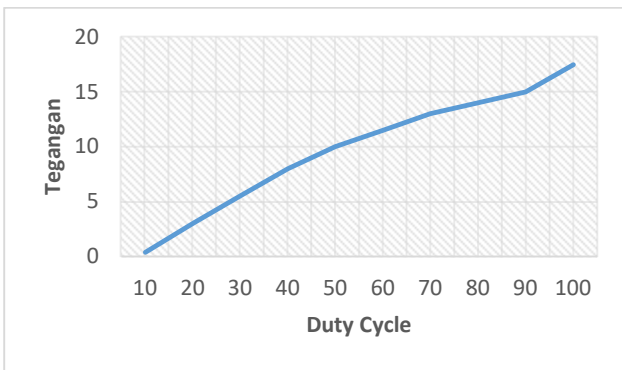
TABEL III  
PENGUJIAN BUCK CONVERTER

Duty Cycle (%)	Tegangan Input (V)	Arus Input (A)	Tegangan Output (V)	Arus Output (A)
10	20.01	0.00052	0.4	0.00747
20	20.00	0.01	3	0.021
30	20.05	0.03	5.5	0.047
40	20.02	0.05	8	0.068
50	20.01	0.07	10	0.086
60	20.03	0.09	11.5	0.102
70	20.01	0.10	13	0.115
80	20.05	0.11	14	0.124
90	20.01	0.12	15	0.133
100	20.00	0.16	17.5	0.166

TABEL IIIII  
PENGUJIAN DAYA INPUT, DAYA OUTPUT DAN EFISIENSI

Duty Cycle (%)	Daya Input (Watt)	Daya Output (Watt)	η %
10	0.0104	0.0029	28.73
20	0.2	0.063	31
30	0.6	0.2585	43
40	1	0.544	54.5
50	1.4	0.86	61.4
60	1.8	1.173	65
70	2	1.495	74.75
80	2.2	1.736	78.9
90	2.4	1.995	83.125
100	3.2	2.905	90.78





Gambar 6 Karakteristik *Duty Cycle* terhadap Tegangan *Output*

TABEL IVV  
PENGUJIAN PEMBERIAN BEBAN TANPA KONTROL

No.	Beban (Ohm)	Output Tegangan (Volt)
1.	0	14.12
2.	18	10.13
3.	33	11.10
4.	47	11.45

TABEL V  
PENGUJIAN PEMBERIAN BEBAN DENGAN KONTROL FUZZY

Beban (Ohm)	Peak (Volt)	Recovery-Time (s)
18	10,4	0,8
33	11,3	0,6
47	12,0	0,3

E. Perbandingan Sistem *Open Loop* dan *Closed Loop Fuzzy Logic*

Selisih dari *drop* tegangan yang terjadi untuk sistem *open loop* jauh lebih besar jika dibandingkan dengan *drop* tegangan dengan sistem *close loop*. Pada sistem *open loop*, *drop* tegangan terkecil yaitu 3,9 Volt sedangkan pada sistem *close loop*, *drop* tegangan terkecil yaitu 3,6 Volt. sedangkan Untuk selisih *drop* tegangan paling besar adalah pada sistem *open loop* sebesar 2,6 Volt dan sistem *closed loop* sebesar 2 Volt. Untuk *drop* tegangan pada sistem *open loop* terbesar yaitu sebesar 3,9 Volt sedangkan untuk *drop* tegangan terbesar pada sistem *close loop* hanya sebesar 3,6 Volt. Perbandingan *Drop Tegangan Sistem Open Loop* dan *Close Loop* dapat dilihat seperti Tabel 6.

F. Pengujian Buck Converter Untuk Charge Baterai Aki

Pada pengujian rangkaian *buck converter* ini dilakukan pada tanggal 24 April 2017 dari pukul 09:20 – 14:20 WIB di depan Lab Konversi Energi Listrik. dalam pengujian kali ini *buck converter* tidak terhubung dengan beban, karena kita ingin mengetahui *buck converter* bisa diatur sampai dengan *setpoint* yang diinginkan. Untuk hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 7.

G. Pengujian

Pada pengujian rangkaian *buck converter* ini dilakukan pada tanggal 1 Mei 2017 dari pukul 09:00 – 12:00 WIB di depan Lab Konversi Energi Listrik. dalam pengujian kali ini *buck converter* terhubung dengan beban, karena kita ingin mengetahui *buck converter* bisa diatur sampai dengan *setpoint* yang diinginkan. Untuk hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 8.

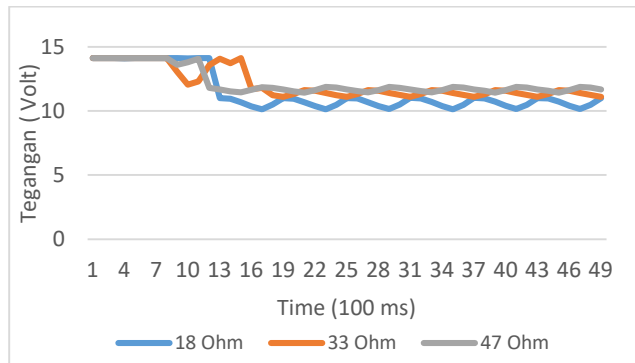
TABEL VI  
PERBANDINGAN SISTEM OPEN LOOP DAN CLOSED LOOP FUZZY

Beban (Ohm)	Drop Tegangan Sistem <i>Open Loop</i> (Volt)	Drop Tegangan Sistem <i>Close Loop</i> (Volt)
18	3,9	3,6
33	2,9	2,7
47	2,6	2

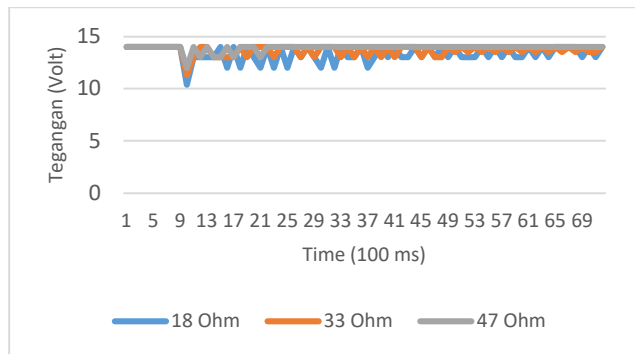
TABEL VII  
PENGUJIAN BUCK CONVERTER UNTUK CHARGE AKI

Tanggal	Waktu (WIB)	Tegangan Panel (V)	Arus Input (A)	Tegangan Output (V)	Arus Output (A)
24/04/2017	9:26:04	19,78	0,06	12,88	0,065
24/04/2017	9:36:04	19,33	0,382	12,96	0,388
24/04/2017	9:46:03	19,29	0,366	12,99	0,442
24/04/2017	9:56:00	19,19	0,454	12,99	0,445
24/04/2017	10:06:05	19,01	0,469	12,99	0,442
24/04/2017	10:16:02	19,22	0,514	12,99	0,487
24/04/2017	10:26:01	19,29	0,521	13,01	0,499
24/04/2017	10:36:01	19,45	0,549	13,01	0,518
24/04/2017	10:46:12	19,38	0,354	12,96	0,352
24/04/2017	10:56:12	19,92	0,521	13,01	0,521
24/04/2017	11:06:02	19,45	0,435	12,99	0,437
24/04/2017	11:16:02	19,62	0,512	13,01	0,498
24/04/2017	11:26:01	19,55	0,392	12,96	0,386
24/04/2017	11:36:01	19,24	0,520	13,01	0,493
24/04/2017	11:46:00	19,31	0,487	13,01	0,494
24/04/2017	11:56:00	18,25	0,146	12,93	0,144
24/04/2017	12:06:06	18,16	0,113	12,93	0,111
24/04/2017	12:16:05	19,15	0,241	12,93	0,236
24/04/2017	12:26:05	18,84	0,155	12,91	0,151
24/04/2017	12:36:01	19,62	0,359	12,93	0,348
24/04/2017	12:46:07	19,19	0,179	12,93	0,176
24/04/2017	12:56:04	19,52	0,431	12,96	0,433
24/04/2017	13:06:00	19,52	0,468	12,99	0,456
24/04/2017	13:16:09	17,95	0,109	12,91	0,108
24/04/2017	13:26:02	18,21	0,078	12,91	0,076
24/04/2017	13:36:02	18,98	0,133	12,91	0,130
24/04/2017	13:46:04	19,05	0,134	12,91	0,132
24/04/2017	13:56:13	19,41	0,213	12,93	0,208
24/04/2017	14:06:00	19,50	0,289	12,93	0,289





Gambar 7 Grafik Pembebanan Sistem *Open Loop*



Gambar 8 Perbandingan Respon Tiap Pengujian

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. semakin besar *duty cycle* maka efisiensinya juga semakin besar.
2. Pada pengujian *buck converter* tanpa kontrol, selisih *output* tegangan dengan *setpoint* sangat besar. Untuk *drop* tegangan sekitar 4 Volt.
3. Semakin kecil beban yang diujikan maka *drop* tegangan semakin besar. Semakin kecil beban yang digunakan, maka *recovery-time* pada pengujian pemberian beban semakin lama. Hal ini ditunjukkan ketika beban 18 Ohm, *recovery-time* sebesar 0,8 s sedangkan ketika beban 47 Ohm, *recovery-time* sebesar 0,3 s.

REFERENSI

[1] Sri Wahyuni. (2016). Perkembangan Teknologi di Indonesia.  
 [2] Autodesk.Inc. (2015). id/Arduino-Voltage-Sensor-0-25V/. Dipetik Oktober 12, 2016, dari instructables: <http://www.instructables.com/id/Arduino-Voltage-Sensor-0-25V/>.  
 [3] Guldemir. (2011). Slide of Sliding Mode Control DC – DC Converter  
 [4] Kusuma Dewi S. (2008). Pemodelan Logika Fuzzy.

TABEL VIII  
 PENGUJIAN BUCK CONVERTER UNTUK CHARGE HANDPHONE

Tanggal	Waktu (WIB)	V Panel (V)	I in (A)	Vout (V)	I out (A)
01/05/2017	9:00:42	19,83	0,116	5,31	0,117
01/05/2017	9:10:49	18,70	0,116	5,40	0,117
01/05/2017	9:20:02	18,84	0,122	5,46	0,121
01/05/2017	9:30:05	18,14	0,130	5,49	0,129
01/05/2017	9:40:38	18,11	0,111	5,52	0,112
01/05/2017	9:50:06	14,80	0,206	5,56	0,207
01/05/2017	10:00:20	18,86	0,129	5,59	0,130
01/05/2017	10:10:16	17,97	0,104	5,63	0,105
01/05/2017	10:20:03	18,42	0,157	5,68	0,155
01/05/2017	10:30:07	18,37	0,103	5,70	0,105
01/05/2017	10:40:01	18,04	0,217	5,73	0,218
01/05/2017	10:50:03	18,14	0,104	5,75	0,105
01/05/2017	11:00:30	17,81	0,169	5,85	0,386
01/05/2017	11:10:17	17,55	0,211	5,87	0,210
01/05/2017	11:20:41	17,57	0,231	5,96	0,234
01/05/2017	11:30:00	18,39	0,109	6,01	0,111
01/05/2017	11:40:03	17,97	0,143	6,03	0,145
01/05/2017	11:50:33	17,83	0,160	6,06	0,165
01/05/2017	12:00:15	18,21	0,106	6,13	0,105

