

ANALISIS PERBANDINGAN *BUCKBOOST CONVERTER* DAN *CUK CONVERTER* DENGAN PEMICUAN MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535 UNTUK APLIKASI PENINGKATAN KINERJA PANEL SURYA

Mohamad Lukmanul Hakim^{*)}, Susatyo Handoko, and Karnoto

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)Email :mochamad.lukmanulhakim@gmail.com}

Abstrak

Sel surya memiliki efisiensi yang kurang baik dalam membangkitkan energi. Metode untuk menambah daya keluaran sel surya adalah menggunakan *regulator*. *Regulator* digunakan untuk mengubah-ubah nilai masukan agar tegangan keluaran sesuai dengan kebutuhan. *Regulator* yang sering digunakan adalah konverter. *Cuk* konverter dan *Buckboost* konverter sebagai salah satu *regulator DC* tipe *switching* dapat menjawab kebutuhan tersebut. Dengan *Cuk* konverter dan *Buckboost* konverter, tegangan keluaran dapat diatur untuk lebih besar maupun lebih kecil dari tegangan masukannya dengan mengatur lebar pulsa (*duty cycle*) pada PWM yang dihasilkan dari pemrograman mikrokontroler ATmega 8535, sehingga proses regulasi tegangan pada *Cuk* konverter dan *Buckboost* konverter dapat dilakukan dengan mudah. Lalu, hasil kedua *converter* tersebut dianalisis dengan memakai beban resistif (lampu pijar) dan induktif (motor DC). Berdasarkan hasil pengujian dengan sumber regulator DC, didapatkan hasil tegangan keluaran maksimal *Buckboost converter* sebesar 101,36 V dan *Cuk converter* 107,66 V, lalu dengan sumber panel surya di dapatkan efisiensi *Buckboost* konverter sebesar 93,86% dan *Cuk* konverter 99,85% pada saat beban resistif dan saat menggunakan beban induktif motor DC didapatkan hasil 94,71% pada *Buckboost* konverter dengan kecepatan putar maksimal 1116 RPM saat *duty cycle* 55% dan 93,86% pada *Cuk* konverter dengan kecepatan putar motor maksimal 1789 RPM saat *duty cycle* 60%.

Kata kunci: Buckboost Converter, Cuk Converter, Panel Surya

Abstract

Solar Cells have less efficiency in generating electricity. A method to increase Power output of Solar Cells is to use regulator. Regulator used to vary the output voltage from invariable input voltage as we needed are converter. Cuk Converter and Buckboost Converter as one of type DC regulator switching can answer those needs. With Cuk converter and Buckboost converter, output voltage can be set to bigger or smaller than input voltage by adjusting the pulse width (PWM) that are generated by microcontroller ATmega8535 so the regulation process in Cuk converter and Buckboost converter can be done easily. Then, the converter analyzed to find difference in results between using resistive load (incandescent lamps) and inductive load (DC motor). Based on results with DC regulator source, showed a maximum output voltage of Buckboost converter and cuk converter are 101,36 volt and 107,66 volt, then with solar panel source, buckboost get 93,86% efficiency and cuk 99,85% efficiency with resistive load. Afterwards, inductive load DC motor, buckboost obtained 94,71 % with maximum speed rotation 1116 RPM when the duty cycle 55% and with the cuk converter, the maximum efficiency that are obtained are 93,86% with maximum speed rotation 1789 when the duty cycle 60%.

Keywords: Buckboost Converter, Cuk Converter, Solar Cell

1. Pendahuluan

Konverter DC-DC adalah aplikasi dari rangkaian elektronika daya yang sering digunakan sebagai regulator tegangan.[1] Untuk menurunkan nilai tegangan DC maupun menaikkan nilai tegangan DC, sesuai dengan tipenya. Salah satu tipe dari *converter DC* yaitu *Buckboost Converter* dan *Cuk Converter*.[2] *Buckboost*

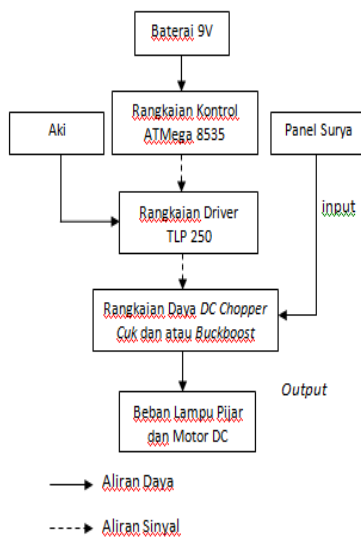
dan *Cuk* merupakan *Converter DC* yang dapat bekerja sebagai penaik maupun penurun tegangan yang dapat disesuaikan dengan aplikasi lainnya yang membutuhkan tegangan keluaran bervariasi dan dapat berfungsi juga untuk meningkatkan kualitas daya dan efisiensi.[4] Salah satu aplikasinya adalah meningkatkan kinerja panel surya, karena panel surya memiliki efisiensi yang rendah dan tegangan keluar yang tetap.[3] Pada penggunaannya,

panel surya yang terhubung ke jaringan (*on grid*) selalu memiliki *converter DC* sebagai MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) untuk meregulasi keluaran dari panel surya yang kemudian akan digunakan untuk men-charge baterai atau sebagai masukan inverter, sebelum masuk ke beban.[6]

Konverter DC mengubah level tegangan dc searah yang tetap menjadi tegangan dc yang variabel dengan mengatur waktu *on* an waktu *off* (*duty cycle*) pada konverter dengan rangkaian kontrol PWM, komponen yang berfungsi sebagai penghubung tersebut adalah switch (solid state electronic switch) seperti thyristor, MOSFET, IGBT, GTO, dll.[5] Pada penelitian ini telah dirancang konverter DC-DC *Buckboost Converter* dan *Cuk Converter* dengan menggunakan pemecuan PWM digital dengan mikrokontroler ATmega8535 untuk meningkatkan kinerja panel surya. Penelitian membahas mengenai pemecuan PWM menggunakan mikrokontroler ATmega 8535 dan menganalisis kinerja dari rangkaian *Buckboost* dan *Cuk Converter* dengan beban (resistif) lampu pijar dan (induktif) motor DC.

2. Metode

Perancangan penelitian ini terdiri rangkaian kontrol PWM (Mikrokontroler ATmega8535) dan baterai, rangkaian *driver* (TLP 250) dan Akumulator, rangkaian daya *Buckboost* dan *Cuk Converter*, sumber panel surya, beban lampu pijar dan motor DC.

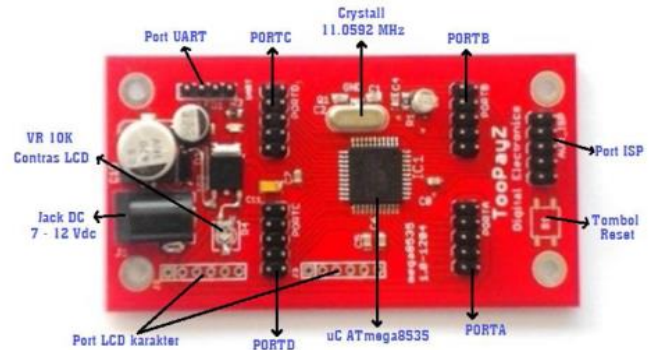


Gambar 1. Blok diagram perancangan alat

2.1. Metode Perancangan Rangkaian Kontrol Mikrokontroler ATmega8535

Sistem minimum mikrokontroler adalah sebuah rangkaian elektronika sederhana yang terdiri dari komponen-komponen dasar yang dibutuhkan oleh sebuah

mikrokontroller agar IC mikrokontroler ATmega8535 dapat berfungsi dengan baik. Komponen dasar yang dibutuhkan antara lain adalah rangkaian power supply, rangkaian sumber clock, dan rangkaian RESET.[4]



Gambar 2. Rangkaian Perangkat keras sistem minimum mikrokontroler ATmega8535

Nilai frekuensi sinyal pemecuan PWM secara digital yang dapat dibangkitkan Timer1 pada mikrokontroler ATmega8535 dapat dihitung menggunakan persamaan. [4]

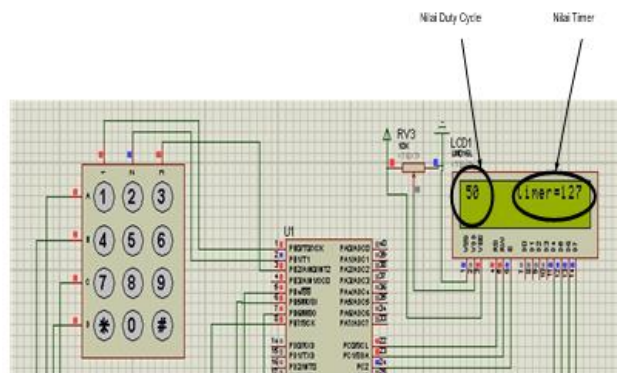
$$f_{PWM} = \frac{f_{clk}}{N \times 256}$$

Dengan nilai f_{clk} sebesar nilai *crystal* yaitu 11059200Hz, dan N (faktor *prescalling*) = 1, maka didapat frekuensi PWM yang dibangkitkan sebesar:

$$f_{PWM} = \frac{11059200}{1 \times 256} = 43.200Hz$$

2.2. Metode Perancangan LCD dan Keypad

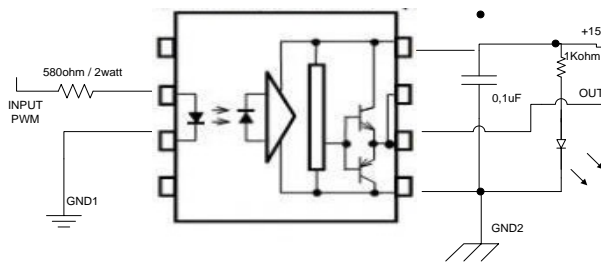
Liquid Crystal Display/LCD merupakan suatu media untuk menampilkan informasi dalam bentuk tulisan atau grafik secara visual. LCD 16x2 ini hanya dapat menampilkan karakter sebanyak 16 karakter pada baris 1 dan 2[5]. Keypad yang digunakan yaitu keypad 4x4 sebagai *input* nilai PWM, dan LCD akan menampilkan nilai PWM dan timer.[7]



Gambar 3. Tampilan PWM dan Timer pada simulasi pemecuan PWM

2.3. Metode Perancangan Rangkaian Driver

Rangkaian TLP 250 digunakan untuk mengisolasi dan menguatkan sinyal PWM (Pulse Width Modulation) level tegangan 5volt yang dibangkitkan mikrokontroller menjadi level tegangan yang lebih tinggi dengan sistem ground terpisah (level tegangan 15v) dan cukup untuk memicu MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor).[3]

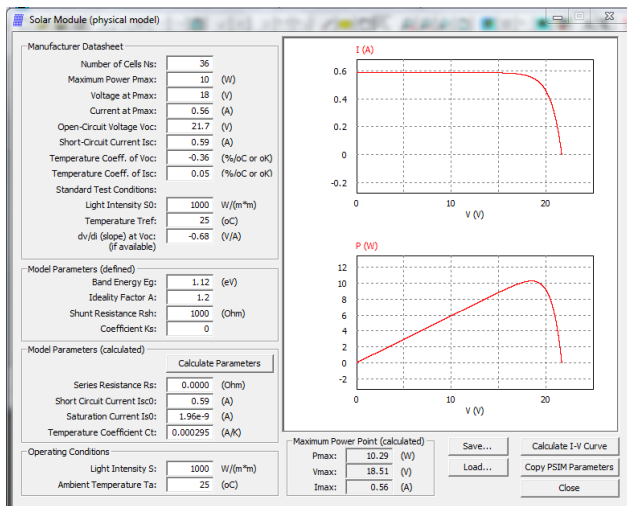


Gambar 4. Rangkaian TLP250.[6]

2.4. Metode Perancangan Rangkaian Daya

2.4.1. Modul Sel Surya

Modul Sel surya digunakan sebagai sumber untuk *Buckboost* dan *Cuk Converter*. Modul sel surya ini memiliki tegangan rating 18-21 volt, rating arus 0,2-0,56 ampere dan daya maksimum 10 watt.[25]

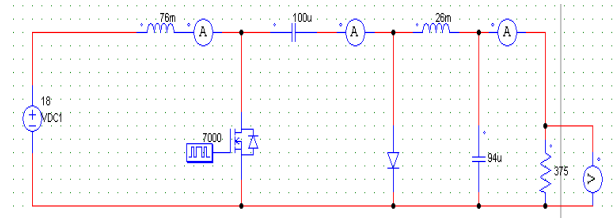


Gambar 5. Spesifikasi Modul Sel Surya

2.4.2. Cuk Converter

Converter yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *Cuk Converter*. *Cuk Converter* mempunyai karakteristik tegangan keluaran lebih besar dan lebih kecil dari tegangan masukan. Spesifikasi *Cuk Converter* adalah sebagai berikut: [9]

- Tegangan masukan : 18 Volt DC
- Tegangan keluaran : 100 Volt DC
- Frekuensi : 43,2 kHz
- Beban : Lampu pijar dan Motor DC



Gambar 6. Rangkaian Cuk Converter

Dari gambar 6 terlihat rangkaian cuk converter membutuhkan *gate switching*, *diode*, 2 buah *inductor* dan 2 buah *kapasitor*. Lalu selanjutnya dilakukan perancangan dengan data parameter sebagai berikut :

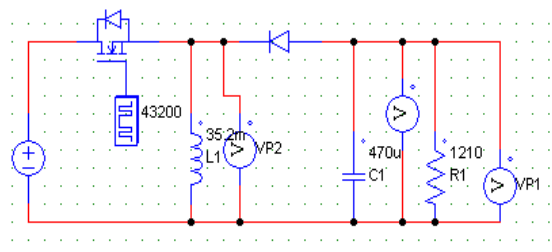
Tabel 1. Data Parameter Cuk Converter

Duty Cycle	0,01-0,99
Hambatan Beban (R)	2420 ohm dan 13,6 ohm
MOSFET	IRF 460
Dioda	MUR460
Induktor 1	26 mH
Induktor 2	76 mH
Kapasitor 1	47 μ F
Kapasitor 2	267

2.4.3. Buckboost Converter

DC Chopper yang selanjutnya pada tugas akhir ini adalah *Buckboost Converter*. *Buckboost Converter* mempunyai karakteristik tegangan keluaran lebih besar dan lebih kecil dari tegangan masukan, sama dengan *Cuk Converter*, yang menjadi perbedaan adalah pada bentuk rangkaiannya. Spesifikasi *Cuk Converter* adalah sebagai berikut : [7][8]

- Tegangan masukan : 18 Volt DC
- Tegangan keluaran : 100 Volt DC
- Frekuensi : 43,2 kHz
- Beban : Lampu pijar dan Motor DC



Gambar 7. Rangkaian Buckboost Converter

Dari gambar 7 terlihat rangkaian cuk converter membutuhkan *gate switching*, *diode*, *inductor* dan

kapasitor. Lalu selanjutnya dilakukan perancangan dengan data parameter sebagai berikut :

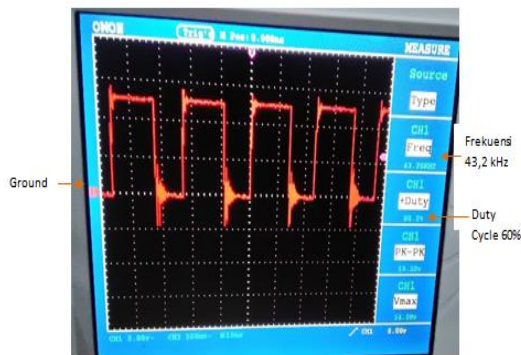
Tabel 2. Data Parameter Buckboost Converter

Duty Cycle	0,01-0,99
Hambatan Beban (R)	2420 ohm dan 13,6 ohm
Dioda	MUR460
Induktor	34,5 mH
Kapasitor	220 µF
MOSFET	IRF 460

3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengujian Rangkaian Kontrol

Pengujian rangkaian kontrol meliputi pengujian keluaran gelombang PWM ATmega8535.



Gambar 8 Sinyal PWM ATmega8535 probe x10

Dapat dilihat gelombang keluaran PWM dari mikrokontroler ATmega8535 hampir membentuk kotak sempurna, namun hanya berhasil mencapai tegangan maksimum yaitu 3volt (2,5div x 2V/div)/ 2 volt, maka di perlukan rangkaian driver IC TLP250 untuk memperkuat sinyal keluaran PWM pada mikrokontroler ATmega8535 sehingga cukup untuk memicu MOSFET.

3.2. Pengujian Rangkaian Driver

Pengujian rangkaian Driver meliputi pengujian keluaran gelombang PWM dengan penguatan rangkaian driver TLP 250.



Gambar 9. Gelombang keluaran TLP 250 duty cycle 20%

Nilai keluaran dari driver MOSFET menggunakan IC TLP250 yang didapat dari alat ukur multimeter sebesar 12,4 volt. Dari hasil pengukuran pada driver MOSFET IC TLP250 didapat kualitas tegangan peak to peak yg lebih baik dari dibanding hanya menggunakan PWM ATmega 8535 saja untuk mengontrol MOSFET pada rangkaian DC-DC konverter. Dari gambar terlihat bahwa pengukuran tegangan peak mengalami peningkatan dari tegangan peak pada ATmega 8535 yang mulanya hanya 3,73 V menjadi 16,8 V..

$$V_{pp} = 2,8 \text{ div} \times 6 \text{ V/div} \times 1 = 16,8 \text{ Volt}$$

3.3. Pengujian Rangkaian Daya

3.3.1. Analisis Tegangan Cuk Converter dan Buckboost Converter Tanpa Beban

Pengujian yang dilakukan pada mode ini yaitu mengukur tegangan keluaran dan tegangan masukan Cuk Converter dan Buckboost Converter tanpa beban, lalu untuk mengetahui unjuk kerja Converter tersebut apakah sesuai parameter atau tidak. Hasil pengujian Buckboost dan Cuk Converter dapat disajikan dalam bentuk tabel seperti terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tegangan Buckboost dan Cuk Converter

Duty cycle (%)	Buckboost (Beban resistif)		Cuk (Beban resistif)	
	Vin (V)	Vo (V)	Vin (V)	Vo (V)
5	21,50	2,50	20,98	2,95
10	20,86	3,56	20,91	4,12
15	20,83	4,95	20,88	5,37
20	20,81	6,50	20,85	6,95
25	20,78	8,24	20,83	8,67
30	20,76	10,32	20,81	10,87
35	20,74	12,75	20,79	13,38
40	20,72	15,60	20,77	16,35
45	20,70	18,58	20,75	19,56
50	20,66	22,30	20,72	23,72
55	20,63	26,32	20,70	28,89
60	20,60	31,50	20,67	35,67
65	20,50	35,12	20,65	42,95
70	19,80	38,45	20,41	54,91
75	18,90	45,76	19,68	69,45
80	17,70	63,94	18,52	87,52

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa semakin tinggi duty cycle maka semakin tinggi juga tegangan keluaran, dan tegangan masukan semakin menurun (drop), hal ini memang sudah sesuai teori. Dari table juga terlihat bahwa Tegangan masukan dan keluaran Cuk Converter lebih besar dibandingkan Buckboost Converter. Hal ini dikarenakan adanya inductor 2 dan kapasitor 2 yang bertindak sebagai filter LC yang berfungsi menahan muatan dan energy pada rangkaian.

3.3.2. Analisis Perbandingan Tegangan Kondisi Beban Resistif Buckboost Converter Dengan Cuk Converter

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui respon kerja tegangan masukan dan keluaran *Buckboost converter* dan *Cuk converter* pada saat kondisi beban resistif yaitu beban lampu pijar 20 watt (2420 Ω) .

Tabel 4. Hasil Pengukuran Tegangan Input dan Output buckboost converter dan cuk converter beban resistif

Duty cycle (%)	Buckboost (Beban resistif)		Cuk (Beban resistif)	
	Vin (V)	Vo (V)	Vin (V)	Vo (V)
5	18,33	2,58	20,38	3,13
10	19,00	3,00	20,21	3,20
15	18,41	4,05	19,64	4,70
20	19,00	5,10	18,50	5,50
25	18,38	6,44	19,25	7,25
30	18,30	7,70	18,30	8,50
35	18,64	9,84	18,80	10,84
40	20,01	12,00	18,00	12,75
45	18,86	14,20	18,36	15,55
50	20,02	17,35	17,50	18,10
55	18,36	20,03	17,75	22,17
60	14,50	18,60	16,73	25,30
65	15,12	24,25	16,45	30,26
70	5,00	13,30	13,85	30,85
75	6,89	14,25	7,40	21,20
80	3,00	8,50	2,60	7,50

Berdasarkan tabel 4 terlihat bahwa *Cuk Converter* memiliki tegangan keluaran dan masukan lebih besar dibandingkan *Buckboost Converter*. Dan terlihat bahwa tegangan keluaran *buckboost* dan *cuk converter* mengalami penurunan (short) setelah *duty cycle* 65% hal ini dikarenakan pengaruh dari karakteristik sumber panel surya itu sendiri terhadap penguatan *converter* dan juga dikarenakan toleransi komponen yang mencapai puncaknya.

3.3.3. Analisis Perbandingan Tegangan Kondisi Beban Induktif Buckboost Converter Dengan Cuk Converter

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui respon kerja tegangan masukan dan keluaran *Buckboost converter* dan *Cuk converter* pada saat kondisi beban induktif yaitu beban motor DC (13,7 Ω / 6,7 mH) .

Berdasarkan tabel 5 terlihat bahwa *Cuk Converter* memiliki tegangan keluaran lebih besar dibandingkan *Buckboost Converter*. Akan tetapi, tegangan masukan *buckboost* lebih besar dibandingkan *cuk converter*, hal ini dikarenakan inductor 1 pada *cuk converter* mengalirkan arus yang besar dari sumber ke MOSFET, sehingga membuat tegangan masukan *cuk converter* lebih kecil dibandingkan *buckboost converter*.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Tegangan Input dan Output buckboost converter dan cuk converter beban induktif

Duty cycle (%)	Buckboost (Beban resistif)		Cuk (Beban resistif)	
	Vin (V)	Vo (V)	Vin (V)	Vo (V)
5	20,17	0,60	18,27	0,69
10	20,40	1,25	17,94	1,33
15	20,80	2,41	17,97	2,75
20	20,60	3,85	17,75	4,80
25	20,90	5,05	17,75	5,50
30	20,30	6,67	17,5	7,10
35	20,80	8,35	19,26	9,80
40	20,80	10,43	17,13	11,00
45	20,60	12,35	15,80	14,40
50	19,50	14,05	16,45	16,05
55	17,20	15,40	16,30	18,90
60	10,01	9,80	14,6	21,75
65	8,06	7,45	1,80	0,76
70	6,50	5,30	1,15	0,75
75	4,88	3,55	1,24	0,49
80	3,55	1,22	0,75	0,36

3.3.4. Analisis Perbandingan Arus Kondisi Beban Resistif Buckboost Converter Dengan Cuk Converter

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui respon kerja arus masukan dan keluaran *Buckboost converter* dan *Cuk converter* pada saat kondisi beban resistif yaitu beban lampu pijar 20 watt (2420 Ω) .

Tabel 6. Hasil Pengukuran arus Input dan Output buckboost converter dan cuk converter beban resistif

Duty cycle (%)	Buckboost (Beban resistif)		Cuk (Beban resistif)	
	Iin (A)	Iout (A)	Iin (A)	Io (A)
5	0,03	0,05	0,03	0,03
10	0,05	0,04	0,03	0,05
15	0,04	0,07	0,04	0,03
20	0,04	0,05	0,03	0,07
25	0,05	0,08	0,05	0,06
30	0,04	0,06	0,05	0,10
35	0,06	0,09	0,08	0,07
40	0,05	0,07	0,07	0,09
45	0,09	0,10	0,07	0,07
50	0,09	0,07	0,13	0,12
55	0,14	0,11	0,13	0,10
60	0,17	0,08	0,22	0,14
65	0,23	0,13	0,22	0,11
70	0,24	0,06	0,25	0,11
75	0,18	0,06	0,30	0,10
80	0,28	0,07	0,26	0,09

Berdasarkan table 6 terlihat bahwa *Cuk Converter* memiliki arus keluaran dan masukan lebih besar dibandingkan *Buckboost Converter*. Dan terlihat bahwa arus masukan *buckboost* dan *cuk converter* mengalami kenaikan secara signifikan sesuai dengan kenaikan *duty cycle*, sedangkan arus keluaran kedua *converter* cenderung naik secara konstan. Dari data diatas juga diketahui bahwa nilai arus *input* dan *output* rata-rata dan maksimum tidak terlalu jauh perbedaannya antara *Buckboost Converter* dan *Cuk Converter* karena karakteristik beban yang sama, perbedaan nilai arus

tersebut dikarenakan nilai *inductor* yang dipasang pada kedua *converter* tersebut, dimana semakin besar *inductor* yang dipasang, maka semakin besar arus yang timbul.

3.3.5. Analisa Perbandingan Arus Kondisi Beban Induktif Buckboost Converter Dengan Cuk Converter

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui respon kerja arus masukan dan keluaran *Buckboost converter* dan *Cuk converter* pada saat kondisi beban induktif yaitu beban motor DC (13,7 Ω / 6,7 mH) .

Tabel 7. Hasil Pengukuran arus Input dan Output buckboost converter dan cuk converter beban induktif

Duty cycle (%)	Buckboost (Beban resistif)		Cuk (Beban resistif)	
	lin (A)	lout (A)	lin (A)	lout (A)
5	0,03	0,09	0,03	0,10
10	0,05	0,12	0,03	0,17
15	0,04	0,14	0,04	0,13
20	0,03	0,13	0,05	0,13
25	0,07	0,13	0,09	0,12
30	0,06	0,15	0,07	0,14
35	0,10	0,15	0,10	0,15
40	0,09	0,17	0,12	0,14
45	0,15	0,16	0,16	0,14
50	0,15	0,17	0,16	0,13
55	0,20	0,15	0,21	0,17
60	0,22	0,14	0,24	0,15
65	0,23	0,15	0,31	0,41
70	0,26	0,15	0,26	0,13
75	0,25	0,14	0,52	0,19
80	0,27	0,16	0,27	0,08

Berdasarkan tabel 7 terlihat bahwa *Cuk Converter* memiliki arus keluaran dan masukan lebih besar dibandingkan *Buckboost Converter*. Dari data diatas juga diketahui bahwa nilai arus *input* dan *output* rata-rata dan maksimum memiliki perbedaan yang cukup besar antara *Buckboost Converter* dan *Cuk Converter* hal ini dikarenakan *Cuk Converter* memiliki 2 induktor sehingga menghasilkan arus yang besar untuk mengasut motor DC.

3.3.6. Analisa Perbandingan Daya dan Efisiensi Kondisi Beban Resistif Buckboost Converter Dengan Cuk Converter

Setelah didapatkan nilai dari tegangan dan arus, maka dilakukan perhitungan daya *output* dan daya *input*. Lalu dilakukan perhitungan efisiensi antara *buckboost* dan *cuk converter* dengan rumus sebagai berikut:

$$\eta (\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta (\%) = \frac{3,3935}{3,4625} \times 100\%$$

$$\eta (\%) = 98,01\%$$

Dengan contoh perhitungan seperti diatas dapat dihasilkan perhitungan pada beban resistif Berikut tabel data perhitungan daya:

Tabel 8. Hasil perhitungan daya Input, daya Output, dan efisiensi buckboost converter dan cuk converter beban resistif

Duty cycle (%)	Buckboost			Cuk		
	Pin (W)	Pout (W)	η (%)	Pin (W)	Pout (W)	η (%)
5	0,54	0,12	23,45	0,61	0,09	15,35
10	0,95	0,12	12,63	0,60	0,16	26,38
15	0,73	0,28	38,49	0,78	0,14	17,94
20	0,76	0,25	33,55	0,55	0,38	69,36
25	0,91	0,51	56,06	0,96	0,43	45,19
30	0,73	0,46	63,11	0,91	0,85	92,89
35	1,11	0,88	79,18	1,50	0,75	50,45
40	1,00	0,84	83,95	1,26	1,14	91,07
45	1,69	1,42	83,65	1,28	1,08	84,69
50	1,80	1,21	67,40	2,27	2,17	95,47
55	2,57	2,20	85,71	2,30	2,21	96,07
60	2,46	1,48	60,36	3,68	3,54	96,23
65	3,47	3,15	90,65	3,61	3,32	91,97
70	1,20	0,79	66,50	3,46	3,39	98,00
75	1,24	0,85	68,94	2,22	2,12	95,49
80	0,84	0,59	70,83	0,67	0,67	99,85

Dari tabel 8 diatas diketahui bahwa secara keseluruhan, nilai daya *input* dan *output Cuk Converter* beban resistif lebih besar dibanding *Buckboost Converter* terlihat bahwa hubungan *duty cycle* dengan daya *output* dan daya *input* adalah berbanding lurus. Dimana semakin besar *duty cycle* maka dayanya juga akan semakin besar. Menurut data diatas, *Cuk Converter* memiliki kualitas daya dan efisiensi yang lebih baik dibanding *Buckboost Converter*.

3.3.7. Analisa Perbandingan Daya dan Efisiensi Kondisi Beban Induktif Buckboost Converter Dengan Cuk Converter

Setelah didapatkan nilai dari tegangan dan arus, maka dilakukan perhitungan daya *output* dan daya *input*. Lalu dilakukan perhitungan efisiensi antara *buckboost* dan *cuk converter* dengan rumus sebagai berikut:

$$\eta (\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta (\%) = \frac{1,7731}{1,872} \times 100\%$$

$$\eta (\%) = 94,72\%$$

Dengan contoh perhitungan seperti diatas dapat dihasilkan perhitungan pada beban resistif Berikut tabel data perhitungan daya:

Dari tabel dibawah diketahui bahwa secara keseluruhan, nilai daya *input* dan *output Buckboost Converter* beban induktif lebih besar dibanding *Cuk Converter*, rata-rata daya *input* dan *output Buckboost Converter* adalah 1,69 watt dan 1,02 watt sedangkan *Cuk Converter* adalah 1,45

watt dan 1,06 watt Beban induktif ini memiliki selisih yang cukup besar antara daya *input* dan *output*-nya karena nilai resistansi yang kecil membuat arus semakin besar tetapi tegangan juga tetap besar, selain itu, karakteristik beban motor sebagai beban linear juga berpengaruh terhadap fluktuasinya nilai daya *converter*. Menurut data diatas, *Cuk Converter* memiliki kualitas daya rata-rata dan efisiensi yang lebih baik dibanding *Buckboost Converter*, walaupun *Buckboost Converter* memiliki kualitas daya *input* yang lebih baik dari *Cuk Converter*.

Tabel 9. Hasil perhitungan daya Input, daya Output, dan efisiensi buckboost converter dan cuk converter beban induktif

Duty cycle (%)	Buckboost			Cuk		
	Pin (W)	Pout(W)	η (%)	Pin(W)	Pout(W)	η (%)
5	0,60	0,05	8,92	0,54	0,06	12,58
10	1,02	0,15	14,70	0,53	0,22	42,01
15	0,83	0,33	40,55	0,71	0,35	49,73
20	0,61	0,50	80,98	0,88	0,62	70,30
25	1,46	0,65	44,87	1,59	0,66	41,31
30	1,21	1,00	82,14	1,22	0,99	81,14
35	2,08	1,25	60,21	1,92	1,47	76,32
40	1,87	1,77	94,71	2,05	1,54	74,91
45	3,09	1,97	63,94	2,52	2,01	79,74
50	2,92	2,38	81,65	2,63	2,08	79,27
55	3,44	2,31	67,15	3,42	3,21	93,86
60	2,20	1,37	62,30	3,50	3,26	93,10
65	1,85	1,11	60,28	0,55	0,31	55,84
70	1,69	0,79	47,04	0,29	0,09	32,60
75	1,22	0,49	40,73	0,64	0,09	14,43
80	0,95	0,19	20,36	0,20	0,02	14,22

3.3.8. Analisa Perbandingan Kecepatan Putar Motor DC Kondisi Beban Induktif Buckboost Converter Dengan Cuk Converter

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan putar motor DC dengan menggunakan tachometer dan mengetahui respon beban terhadap *converter* yang digunakan.

Tabel 10. Hasil pengukuran kecepatan putar motor DC Buckboost dan Cuk Converter

Duty cycle (%)	RPM (Buckboost)	RPM (Cuk)
5	6,9	13,9
10	90,5	46,3
15	136,1	185,9
20	280,4	284,8
25	376,5	427,8
30	533,7	563,1
35	651,5	777,6
40	825,2	897,3
45	968,3	1159,0
50	1065,0	1360,0
55	1116,0	1532,0
60	751,3	1789,0
65	473,8	6,3
70	351,0	0(short)
75	263,2	0(short)
80	2,6	0(short)

Dari tabel 10 kecepatan putar motor dengan *duty cycle* diatas dapat dilihat bahwa *Cuk Converter* memiliki nilai kecepatan terbesar yaitu 1789 RPM saat *duty cycle* 60% sedangkan *Buckboost Converter* hanya 1116 RPM saat *duty cycle* 55%. Akan tetapi, setelah mencapai nilai tertinggi *Cuk Converter* mengalami *short* sampai *duty cycle* maksimum, hal ini dikarenakan oleh toleransi komponen *switching* dan *inductor* 2 yang memberikan arus terlalu besar sampai ke beban sehingga menyebabkan beban motor tidak dapat berputar. Hal ini membuktikan bahwa *Cuk Converter* tidak terlalu handal dalam menangani beban linear.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengukuran dan analisis maka dapat disimpulkan bahwa *Cuk Converter* lebih baik dalam meregulasi energi dibandingkan *Buckboost Converter*. Hal ini ditunjukkan dengan arus pada beban induktif motor DC, arus rata-rata *cuk converter* ($I_{in} = 0,16$ A, $I_{out} = 0,15$ A) lebih besar dibandingkan *buckboost converter* ($I_{in} = 0,13$ A, $I_{out} = 0,14$ A) dan daya keluaran dan efisisensi rata-rata *cuk converter* (1,06 W / 59,92%) sedikit lebih besar dibandingkan daya keluaran dan efisiensi rata-rata *buckboost* (1,02 W / 57,44%). Nilai rata-rata tegangan dan arus masukan (16,48 V / 0,122A) dan keluaran (14,175 V / 0,083A) beban resistif lampu pijar *cuk converter* lebih besar dibanding rata-rata tegangan dan arus masukan (15,73 V / 0,111 A) dan keluaran (11,32 V / 0,074 A) *buckboost concerter* beban lampu pijar. Nilai rata-rata daya masukan, daya keluaran dan efisisensi *cuk converter* ($P_{in} = 1,67$, $P_{out} 1,40$ W, $\eta = 76,74$ %) beban resistif lebih besar dibandingkan *buckboost converter* ($P_{in} = 1,37$, $P_{out} 0,95$ W, $\eta = 64,07$ %).

Hasil tersebut disebabkan adanya filter LC pada sisi beban *Cuk Converter* yang membuat *couple* energi jadi lebih besar. Akan tetapi, *Buckboost Converter* memiliki kehandalan dan ketahanan yang lebih baik daripada *Cuk Converter* pada saat menangani beban induktif, hal ini terbukti dari kondisi motor DC yang *short* pada saat *duty cycle* tinggi dan daya masukan rata-rata *buckboost converter* (1,69 W) lebih besar dibandingkan *cuk converter* (1,45 W) saat kondisi pembebanan induktif.

Penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan DC Chopper dengan topologi lainnya sebagai regulator tegangan, seperti *Buck*, *Boost*, dan *sepic*. Pemicuan dengan mikrokontroler ATmega juga bisa dapat dikembangkan lagi, dengan metode *fast correct PWM* atau *CTC*. Serta Dapat dikembangkan lagi gabungan antara *buckboost converter* dan *cuk converter* atau yang disebut *hybrid converter*.

Referensi

- [1]. F.KHELIFI, B.Nadji, Y.CHELALI. 2015. *Study Of The Reliability Of Static Converter For Photovoltaic Applicatin*. University of Boumerdes. Algeria.
- [2]. Amiri Parviz, Sadoughi Jamil, Ghandehari Reza, Cheshfar Mohammad. 2012. *Presentation of a modern method in teaching modeling and converting PWM switches of DC-DC converter*. Faculty of Electrical and Computer Shahid Rajaee Theacher University. Iran
- [3]. Sarowar Golam, Choudhury Mohammad Ali, Hoque Md. Ashraful. 2015. *A Novel Control Scheme of Buckboost DC to AC Converter for Variable Frequency Applications*. Islamic University of Tchnology, Bangladesh University of Engineering and Technology. Bangladesh
- [4]. Macam2 DC Chopper Rashid, M. H. 1993. *Power Electronics : Circuit, Devices, and Application*. New Jersey : Prentice-Hall International Inc
- [5]. Wildi, Theodore. 2002. *Electrical Machines, Drives, and Power System Fifth Edition*, Pearson Education Inc.
- [6]. Salam, Zainal. "Power Electronics and Driver", 2002, Ver.2.
- [7]. Atmel Corporation. "8-bit AVR Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash ATmega8535/8535L (Summary)". (www.atmel.com). Datasheet, 2006.
- [8]. NewTec Display Corporation,Ltd. "16x2 Character LCD Module". Module No:NC1602B-serise.
- [9]. Toshiba Photocoupler GaAlAs IRED+Photo IC. TLP250, Sheet No: DIN-EN60747-5-2. Jan. (2007).
- [10]. parallax Incorporated, Ltd. (US) 4 x 4 Matrix Membrane Key pad, sheet N0: (#27899) version 1.2 16 Des (2011)