

PERANCANGAN DC KONVERTER ARUS SEARAH TIPE BUCK PADA MODE OPERASI CCM DAN DCM

Juli Setiawan^{*}, Mochammad Facta, and Bambang Winardi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl.Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

^{*}E-mail : setiawanjuli11@gmail.com

Abstrak

Pada elektronika daya, tegangan DC bisa dihasilkan pada nilai yang berbeda dari sebuah sumber dengan sebuah tegangan masukan DC tertentu. Metode paling umum untuk menghasilkan tegangan DC bervariasi dari sebuah sumber DC dengan menggunakan sebuah DC Chopper sebagai konverter. Diantara beberapa topologi DC Chopper, buck konverter adalah sirkuit umum yang dipilih untuk dibuat karena mempunyai efisiensi tinggi, rangkaiannya sederhana, dan ripple tegangan keluaran rendah bagaimanapun juga penelitian tentang karakteristik seperti pada saat arus continuous atau tidak, hubungan antara variabel duty cycle terhadap mode operasi dan respon tegangan keluaran dengan variasi beban jarang ditemukan secara detail pada referensi sebelumnya. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan pembuatan dan analisis tentang perancangan DC Chopper buck dengan membandingkan CCM dan DCM yang menggunakan beban resistif dan induktif, beban resistif yang digunakan berupa resistor 100 Ω dan lampu pijar 100 watt. Untuk beban induktif yang digunakan berupa motor dc. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan saat duty cycle 10 % - 40 % dc chopper menggunakan transistor sebagai switch bekerja pada mode DCM, dan pada duty cycle 50 % - 80 % dengan menggunakan L 1,8 mH beralih pada mode CCM. Efisiensi paling baik yang dihasilkan sebesar 90,82 % pada beban induktif sedangkan untuk beban resistif sebesar 83,12 %.

Kata kunci : DC Chopper, Buck Converter, CCM, DCM

Abstract

In power electronics, DC voltage can be generated in different value from a certain DC source with a specified dc input voltage. The most common method to provide varied DC voltage from a DC source is by the use of DC Chopper as converter. Among many of topologies in DC Chopper, buck converter is the common circuit that is preferred to be made because it has high efficiency, its simplicity, and has a low ripple voltage. However the of its characteristic such as, when the current is continuous or not, the relationship of variable duty cycle to operation mode and the respond of output voltage variable load are rarely found in detail in previous reference. In this final assignment, DC Chopper buck is designed and made then analysed by compared DCM and CCM mode which using resistive and inductive load. Resistive load was set up from 100 Ω resistor and 100 Watt incandescent lamp. Inductive load using DC magnet permanent motor. Based on experimental results it can be found that DC chopper using transistor as switch turn into DCM mode on duty cycle of 10% - 40% and turn into CCM mode on duty cycle of 50% - 80% when L is 1,8 mH. The best efficiency is found at 90,82% in inductive load at 83,12% in resistive load.

Keyword : DC Chopper, Buck Converter, CCM, DCM.

1. Pendahuluan

DC Chopper merupakan salah satu jenis rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengkonversi tegangan masukan searah konstan menjadi tegangan keluaran searah yang dapat divariasikan dengan mengatur rangkaian kontrolnya. DC Chopper terdiri dari beberapa konfigurasi yang sering digunakan yaitu *buck*, *boost*, *buckboost*, *sepic* dan *cuk*. DC Chopper mempunyai 2 mode operasi kerja, yaitu mode CCM (*Continuous Conduction Mode*) dan mode DCM (*Discontinuous*

Conduction Mode). Mode CCM adalah mode operasi dimana arus induktor pada konverter mengalir secara kontinu, dalam artian tidak pernah mencapai nilai nol sedangkan Mode DCM adalah mode dimana arus induktor pada konverter mencapai nilai nol, atau tidak *continue*..^[5]

DC Chopper tipe *buck* atau yang biasa disebut *buck* konverter merupakan salah satu regulator DC yang dapat menjawab kebutuhan akan sebuah sumber tegangan searah dengan tegangan keluaran yang variabel. Dengan DC Chopper buck, nilai tegangan keluaran dapat diatur

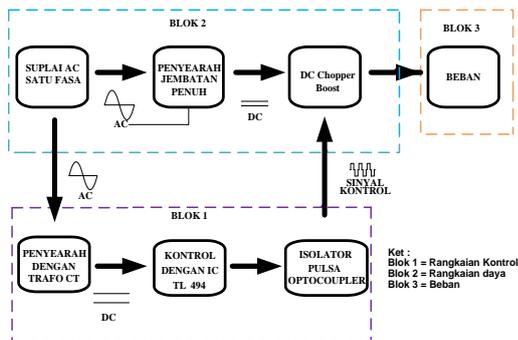
agar lebih kecil atau sama dengan nilai tegangan masukannya dengan mengatur besar lebar pulsa (*duty cycle*) dari rangkaian kontrol PWM (*Pulse Width Modulation*).

Dari penelitian sebelumnya telah dibuat beberapa buck konverter diantaranya adalah rancang bangun modul DC-DC counverter dengan pengendali PI [6]. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengendalikan keluaran dari rangkain DC Chopper buck dan boost agar lebih stabil sekalipun kondisi tegangan masukan tidak seimbang selain itu dapat mengedalikan kestabilan keluaran dari rangkaian yang disebabkan oleh pembebanan yang berubah-ubah saat rangkaian bekerja. Selain itu, buck konverter digunakan dalam penelitian mengenaissuplai DC terpisah untuk multilevel inverter satu fase tiga tingkat menggunakan buck converter [7]. Penelitian tersebut mengunkan DC chopper bertujuan untuk rangkaian utama dari sumber DC terpisah untuk menyuplai peralatan multilevel inverter. Kemudian teknologi DC chopper buck digunakan pada penelitian perancangan buck konverter dengan menggunakan emulatur PEM untuk aplikasi panel surya [8]. Dalam penelitian ini bertujuan untuk memfaatkan konverter dan melakukan test yang diperlukan untuk mengoptimalkan tegangan sel surya dengan menghindari pemborosan hidrogen yang dihasilkan dari kerusakan yang dimungkinkan dari panel surya tersebut. Dari beberapa penelitianan diatas belum memaparkan tentang mode kerja CCM dan DCM pada DC chopper buck.

Oleh karena itu pada Tugas Akhir ini akan dibuat tentang perancangan dc chopper buck dengan membandingkan CCM dan DCM. Dipilihnya CCM dan DCM karena untuk mengetahui besar efisiensi yang dihasilkan dari kedua mode kerja tersebut. Selain itu untuk mengetahui pengaruh jenis beban yang akan digunakan terhadap tegangan keluaran, tegangan masukan, arus keluaran, arus masukan.

2. Metode

Perancangan Dc chopper buck memiliki beberapa blok utama yaitu blok rangkaian kontrol, blok rangkaian daya dan blok rangkaian beban.

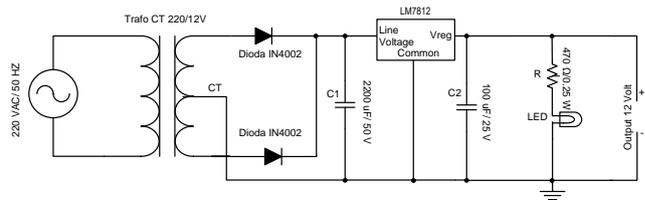


Gambar 1 Blok diagram perancangan alat

2.1 Blok Rangkaian Kontrol

2.1.1 Perancangan Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa dengan Center Tap

Rangkaian penyearah ini untuk mensuplai tegangan masukan IC TL494 sebesar 12 Volt. Berikut adalah Gambar rangkaian penyearah gelombang penuh center tap dengan menggunakan regulator tegangan.

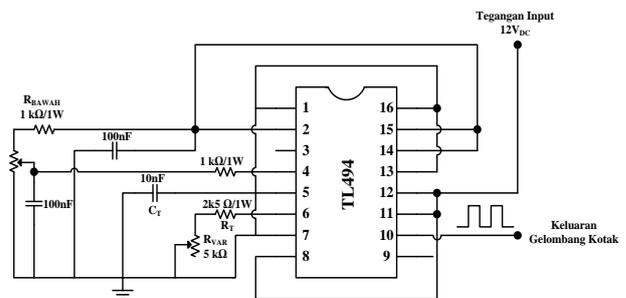


Gambar 2. Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa CT

Penyearah ini menggunakan sumber 12V_{AC} yang disarahkan menggunakan 2 dioda 1N4002 menjadi 16,97 Volt, kemudian keluaran tegangan tersebut difilter menggunakan kapasitor 2200µF/35 Volt. Untuk menstabilkan 12 V_{DC} tegangan dengan menggunakan LM7812, Kapasitor 100µF/25 Volt untuk meningkatkan respon transien, resistor dan LED sebagai indikator.

2.1.2 Perancangan Rangkaian Kontrol PWM dengan IC TL494

Rangkaian kontrol ini digunakan untuk mengatur kerja pada transistor menggunakan IC TL494 seperti gambar 3.

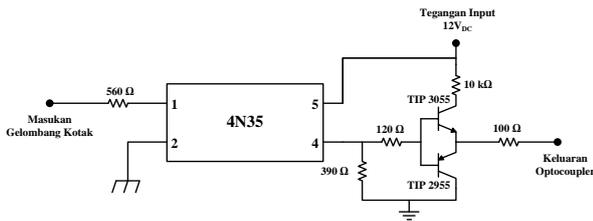


Gambar 3 rangkaian PWM IC TL494

Rangkaian kontrol PWM berfungsi untuk mengontrol kerja transistor dalam bentuk gelombang sinyal.

2.1.3 Rangkaian Isolator Pulsa Optocoupler

Rangkaian isolator pulsa *optocoupler* memiliki fungsi untuk memberikan perlindungan pada rangkaian kontrol apabila terjadi kesalahan atau gangguan pada rangkaian daya. Berikut skema rangkaian isolator pulsa optocoupler pada Gambar 4.



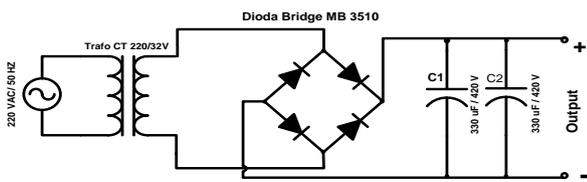
Gambar 4 Skema rangkaian isolator pulsa *optocoupler*

Rangkaian ini digunakan untuk memicu Transistor pada rangkaian DC Chopper Buck. Dimana sinyal pemucuan dari rangkaian kontrol PWM dihubungkan dengan rangkaian isolator.

2.2 Blok rangkaian Daya

2.2.1 Perancangan Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa

Rangkaian penyearah ini untuk mensuplai tegangan masukan rangkaian daya dengan menurunkan tegangan dari sebuah trafo penuru tegangan lalu diberi *diode bridge* untuk mengubah tegangan AC ke DC, kapasitor digunakan untuk menghilangkan *ripple* tegangan.

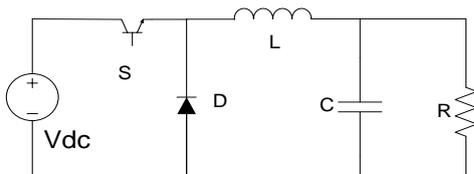


Gambar 5 Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa

Penyearah ini menggunakan masukan 32 V_{AC} dirubah menjadi 42,25 V_{DC} dengan menggunakan *diode bridge* MB3510. Fungsi pemasangan dua buah kapasitor dengan kapasitas 660 μF/420 volt adalah untuk menghilangkan ripple sehingga menjadi DC murni.

2.2.2 Dc Chopper Buck

DC Chopper yang digunakan pada tugas akhir ini adalah DC Chopper tipe Buck. Dc Chopper ini mempunyai karakteristik nilai tegangan keluaran lebih kecil atau sama dengan nilai tegangan masukan. Dc Chopper buck terdiri dari komponen yaitu induktor, kapasitor, dioda, dan transistor. Seperti pada Gambar 6.



Gambar 6 Skema DC chopper tipe buck

Komponen tersebut dapat dihitung nilainya agar *dc Chopper buck* dapat bekerja sesuai yang diinginkan. Penentuan komponen yang digunakan pada Dc Chopper buck harus sesuai dengan parameter yang berhubung. Parameter *Dc chopper buck* yang akan dibuat adalah sebagai berikut :

- Tegangan masukan : 42,25 Vdc
- Frekuensi Switching : 15 kHz
- Duty cycle : 50%
- Hambatan beban : 100Ω
- Induktor

Berdasarkan parameter diatas nilai duty cycle 50 % diasumsikan untuk penghitungan nilai induktor, dengan menggunakan rumus nilai induktor minimum sebagai berikut.

$$L_{min} = \frac{(1-D)R}{2f}$$

$$L_{min} = \frac{(1-0,5)100}{2 \times 15.000}$$

$$L_{min} = 1,6 \text{ mH}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai L_{min} sebesar 1,6 mH. Sedangkan nilai induktor yang terpasang sebesar 1,8 mH. Untuk mencari saat Dc Chopper buck berkerja pada kondisi CCM menggunakan rumus sebagai berikut.

$$I_{min} = V_o x \left(\frac{1}{R} - \frac{1-D}{2Lf} \right)$$

$$I_{min} = 21,125 x \left(\frac{1}{100} - \frac{1-0,5}{2 \times 0,0018 \times 15000} \right)$$

$$I_{min} = 0,015 \text{ A}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan hasil I_{min} sebesar 0,015 A. Maka dari hasil tersebut Dc Chopper buck berkerja pada kondisi CCM, dikarenakan nilai $I_{Lmin} > 0$.

• Kapasitor

Kapasitor berfungsi untuk mengurangi *rippel* tegangan yang ditimbulkan pada *Dc Chopper Buck*. Nilai kapasitor dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$C = \frac{V_o(1-D)}{8L(\Delta V_o)f^2}$$

$$C = \frac{21,125(1-0,5)}{8 \times 0,0018 \times (0,05) \times 15000^2}$$

$$C = 65 \mu\text{F}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai kapasitor besarnya 65μF. Tetapi pada realisasinya kapasitor yang digunakan bernilai 100 μF/50 V.

3. Hasil dan Analisa

3.1 Pengukuran Penyearah Tegangan

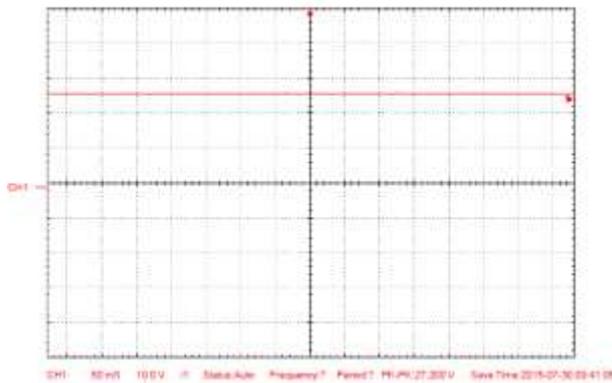
Terdapat 2 buah penyearah yaitu untuk suplai rangkaian control dan rangkaian daya *Dc Chopper Buck*.

3.2 Pengukuran Rangkaian Dc ChopperBuck

Pengukuran Dc Chopper Buck meliputi Pengukuran tegangan keluaran, tegangan masukan, arus keluaran, arus masukan, gain, gelombang arus induktor dan efisiensi.

3.2.1 Pengukuran Tegangan Keluaran

Hasil Pengukuran gelombang tegangan keluaran pada rangkaian Dc Chopper Buck dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 7 gelombang tegangan keluaran DC Chopper Buck

gambar 5 menunjukkan bahwa besarnya tegangan keluaran sebesar 2,6 div dengan skala ukur 10V/div sehingga nilainya dapat dihitung :

$$V_{out} = 2,6 \text{ div} \times 10 \text{ V/div} \times 1 = 26 \text{ V}$$

Pada Tabel 1 berikut dapat dilihat hasil pengukuran tegangan keluaran Dc Chopper Buck.

Tabel 1 Pengukuran tegangan keluaran rangkaian DC Chopper

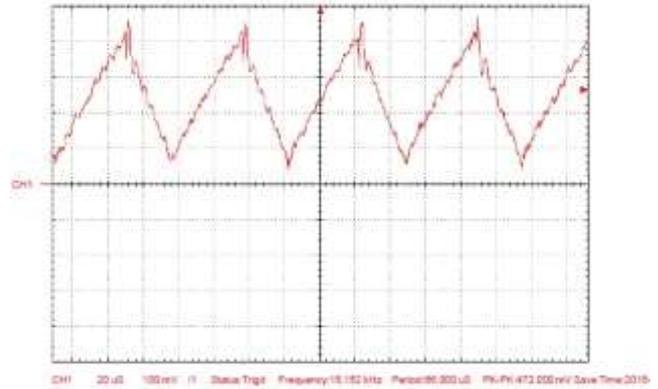
No	Duty cycle (%)	V _{in} (V)	V _o Ukur (V)	V _o Hitung (V)	V _o Simulasi (V)	Penguatan Vo/Vd
1	10	42,1	10,4	4,225	5,02	0,24
2	20	41,9	15,3	8,45	9,4	0,36
3	30	41,8	18,1	12,675	13,2	0,43
4	40	41	20,9	16,9	16,9	0,50
5	50	40,8	23,7	21,125	21,1	0,58
6	60	40,4	26	25,35	25,3	0,64
7	70	40	28,5	29,575	29,5	0,71
8	80	39,7	31,6	33,025	33,8	0,79

3.2.2 Pengukuran Mode Operasi CCM dan DCM

Pengukuran mode CCM dan DCM dengan menggunakan nilai inductor 1,8 mH dan frekuensi sebesar 15 KHz yang dimaksudkan untuk memunculkan CCM dan DCM. Pengukuran ini menggunakan variasi duty cycle 10-80% dengan interval 10%.

3.2.2.1 Mode CCM

Pengukuran mode CCM menggunakan induktor yang mempunyai nilai induktansi L = 1,8 mH. Berdasarkan Pengukuran pada duty cycle 50 % sampai 80 % arus induktor pada mode CCM.

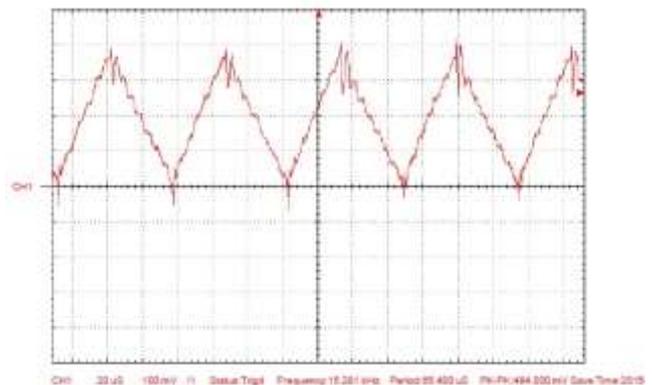


Gambar 8 gelombang arus induktor dengan duty cycle 50%

Berdasarkan Gambar 8 terlihat arus induktor menjauhi titik nol atau ground pada duty cycle 50%. hal ini menunjukkan pada duty cycle 50% Dc Chopper Buck bekerja pada kondisi CCM.

3.2.2.2 Mode DCM

Pengukuran mode DCM menggunakan induktor yang mempunyai nilai induktansi L = 1,8 mH. Berdasarkan Pengukuran pada duty cycle 10% sampai 40% arus induktor pada mode DCM.



Gambar 9 Gelombang arus induktor dengan duty cycle 30%

Berdasarkan Gambar 9 terlihat arus induktor mendekati titik nol atau ground pada duty cycle 30%. hal ini menunjukkan pada duty cycle 30% Dc Chopper Buck bekerja pada kondisi DCM..

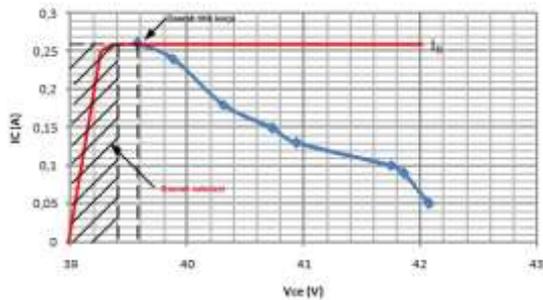
3.2.2.3 Daerah Kerja Transistor pada Dc Chopper Buck

Pada rangkaian Dc Chopper Buck pensaklaran transistor memiliki titik kerja maksimal. Dimana I_C memiliki titik jenuh dalam operasi dan efisiensi terbaik saat transistor bekerja sebagai saklar. Dari Pengukuran ini didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 2 Data pengukuran kerja transistor

Duty (%)	Vcc (V)	V _{BB} (V)	I _c (A)	I _B (A)	R _c (Ω)	V _{CE} (V)
10	42,1	0,8	0,05	0,0016	0,5	42,075
20	41,9	1,2	0,09	0,0024	0,5	41,855
30	41,8	1,6	0,10	0,0033	0,5	41,75
40	41	2,0	0,13	0,0041	0,5	40,93
50	40,8	2,3	0,15	0,0047	0,5	40,72
60	40,4	2,6	0,18	0,0053	0,5	40,31
70	40	2,9	0,24	0,006	0,5	39,88
80	39,7	3,1	0,26	0,0064	0,5	39,57

Berdasarkan Tabel 2 dapat disajikan grafik I_C - V_{CE} yang ditunjukkan pada Gambar 11 sebagai berikut.



Gambar 11 Grafik I_C - V_{CE} dan titik kerja transistor tahanan basis 290 Ω

Gambar 11 menunjukkan pada duty 80 % transistor bekerja dalam daerah saturasi dimana I_c mengalami titik jenuh dengan nilai pada I_c 0,26A , V_{ce} 39,57 V dengan nilai efisiensi 97,96%.

3.3 Pengukuran Dc Chopper Buck dengan Variasi Beban

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis beban pada kinerja Dc chopper buck. Jenis beban yang digunakan pada Pengukuran ini adalah beban resistif berupa lampu pijar 100 watt dan beban induktif berupa motor DC.

3.3.1 Pengukuran Beban Resistif

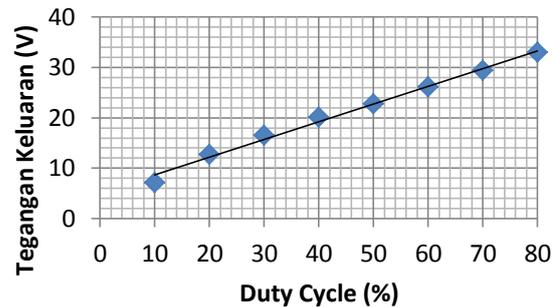
Dari Pengukuran ini didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 3 Data pengukuran beban resistif

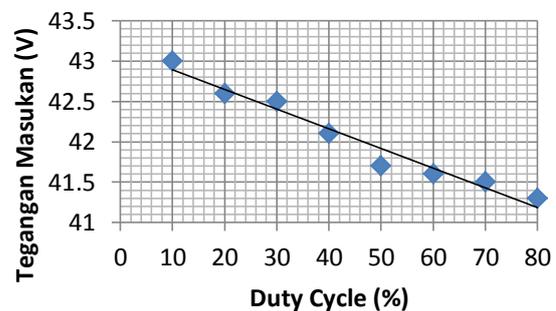
Duty cycle	Vin (V)	Iin (A)	Vout(V)		Iout(A)	
			CCM	DCM	CCM	DCM
10%	43	0.04	-	7,1	-	0,07
20%	42,6	0.06	-	12,7	-	0,09
30%	42,5	0.09	-	16,5	-	0,12
40%	42,1	0,13	-	20,1	-	0,16
50%	41,7	0,16	-	22,7	-	0,19
60%	41,6	0,18	26,1	-	0,20	-
70%	41,5	0,20	29,3	-	0,22	-
80%	42,3	0,23	32,9	-	0,24	-

3.3.1.1 Pengukuran Tegangan Keluaran dan Tegangan Masukan pada Beban Resistif

Berdasarkan Tabel 3 dapat disajikan dalam bentuk grafik yaitu.



Gambar 12 Grafik hubungan *duty cycle* dengan tegangan keluaran pada beban resistif



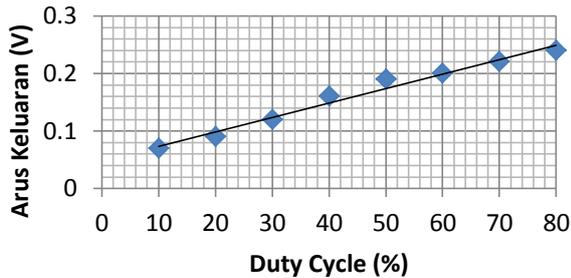
Gambar 13 Grafik hubungan *duty cycle* dengan tegangan masukan pada beban resistif

Dari Gambar 12 terlihat bahwa tegangan keluaran akan naik tergantung pada besarnya nilai duty cycle. hal ini menunjukkan bahwa hasil sudah sesuai dengan teori. Sedangkan Gambar 13 semakin tinggi duty cycle maka

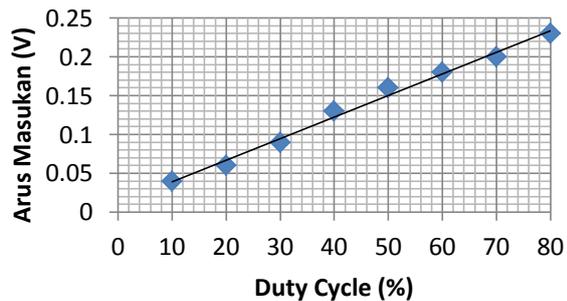
tegangan masukan akan semakin turun. Hal ini dikarenakan terjadi akibat pengaruh pembebanan.

3.3.1.2 Pengukuran Arus Keluaran dan Arus Masukan pada Beban Resistif

Berdasarkan Tabel 3 dapat disajikan dalam bentuk grafik yaitu.



Gambar 14 Grafik hubungan duty cycle dengan arus keluaran pada beban resistif 100 watt

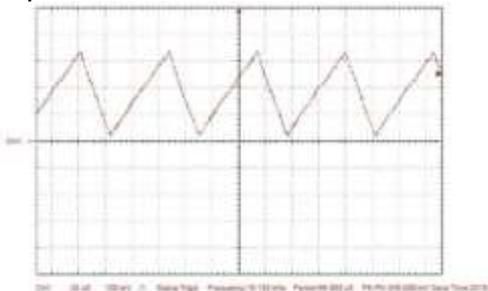


Gambar 15 Grafik hubungan duty cycle dengan arus masukan pada beban resistif

Berdasarkan Gambar 14 dan 15 terlihat bahwa arus akan semakin naik seiring dengan naiknya duty cycle. Hal ini menunjukkan bahwa Pengukuran ini sudah sesuai dengan teori.

3.3.1.3 CCM Pada Beban Resistif

Pengukuran mode CCM menggunakan induktor yang mempunyai nilai induktansi $L = 1,8 \text{ mH}$. Berdasarkan Pengukuran pada duty cycle 60 % sampai 80 % arus induktor pada mode CCM.

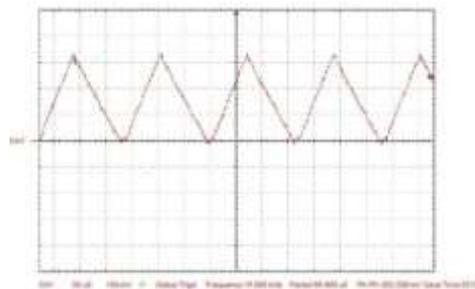


Gambar 16 Gelombang arus induktor dengan duty cycle 60%

Berdasarkan Gambar 16 terlihat arus induktor menjauhi titik nol atau ground pada duty cycle 60%. hal ini menunjukkan pada duty cycle 60% *Dc Chopper Buck* berkerja pada kondisi CCM.

3.3.1.4 DCM Pada Beban Resistif

Pengukuran mode DCM menggunakan induktor yang mempunyai nilai induktansi $L = 1,8 \text{ mH}$. Berdasarkan Pengukuran pada duty cycle 10% sampai 50% arus induktor pada mode DCM.



Gambar 17 Gelombang arus induktor dengan duty cycle 30%

Berdasarkan Gambar 17 terlihat arus induktor mendekati titik nol atau ground pada duty cycle 30%. hal ini menunjukkan pada duty cycle 30% *Dc Chopper Buck* berkerja pada kondisi DCM.

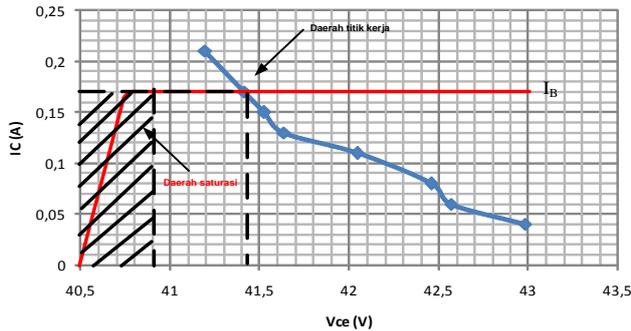
3.2.1.5 Daerah Kerja Transistor Beban Resistif dengan Tahanan Basis 440Ω

Pada rangkaian *Dc Chopper Buck* pensaklaran transistor memiliki titik kerja maksimal. Dimana I_C memiliki titik jenuh dalam operasi dan efisiensi terbaik saat transistor bekerja sebagai saklar. Dari Pengukuran ini didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4 Data pengukuran kerja transistor

Duty (%)	V _{CC} (V)	V _{BB} (V)	I _C (A)	I _B (A)	R _C (Ω)	V _{CE} (V)
10	43	0,8	0.04	0,0010	0,5	42,98
20	42,6	1,2	0.06	0,0016	0,5	42,57
30	42,5	1,6	0.09	0,0021	0,5	42,45
40	42,1	2,0	0.13	0,0027	0,5	42,03
50	41,7	2,3	0.16	0,0031	0,5	41,62
60	41,6	2,6	0.18	0,0035	0,5	41,51
70	41,5	2,9	0.20	0,0039	0,5	41,40
80	41,3	3,1	0.23	0,0042	0,5	41,18

Berdasarkan Tabel 4 dapat disajikan grafik I_C - V_{CE} yang ditunjukkan pada Gambar 18 sebagai berikut.



Gambar 18 Grafik I_C - V_{CE} dan titik kerja transistor tahanan basis 440Ω

Gambar 18 menunjukkan pada duty 70 % transistor bekerja dalam daerah saturasi dimana I_c mengalami titik jenuh dengan nilai pada I_c 0,17A , V_{ce} 41,41 V dengan nilai efisiensi 91,36%.

3.3.2 Pengukuran Beban Induktif

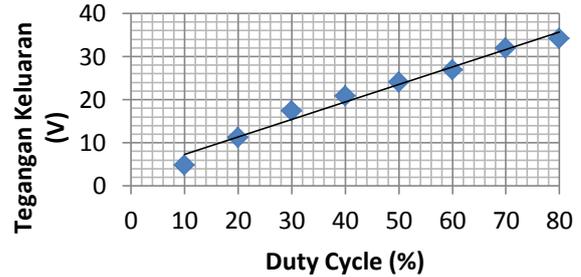
Dari Pengukuran ini didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5 Data pengukuran beban resistif induktif

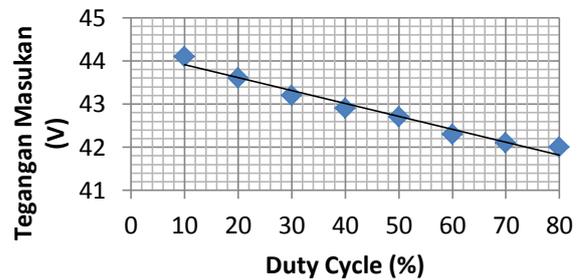
Duty cycle	V_{in} (V)	I_{in} (A)	V_{out} (V)		I_{out} (A)	
			CCM	DCM	CCM	DCM
10%	44,1	0,07	4,9	-	0,12	-
20%	43,6	0,09	-	11,3	-	0,15
30%	43,2	0,11	-	17,4	-	0,16
40%	42,9	0,14	-	20,9	-	0,19
50%	42,7	0,16	-	24,1	-	0,21
60%	42,3	0,19	-	26,9	-	0,23
70%	42,1	0,24	32	-	0,27	-
80%	42	0,26	34,2	-	0,29	-

3.3.2.1 Pengukuran Tegangan Keluaran dan Tegangan Masukan pada Beban Induktif

Berdasarkan Tabel 5 dapat disajikan dalam bentuk grafik yaitu.



Gambar 19 Grafik hubungan *duty cycle* dengan tegangan keluaran pada beban resistif 100 watt

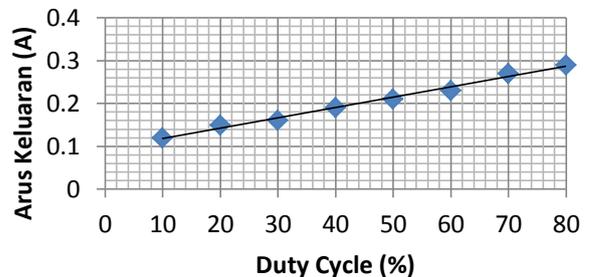


Gambar 20 Grafik hubungan *duty cycle* dengan tegangan masukan pada beban induktif

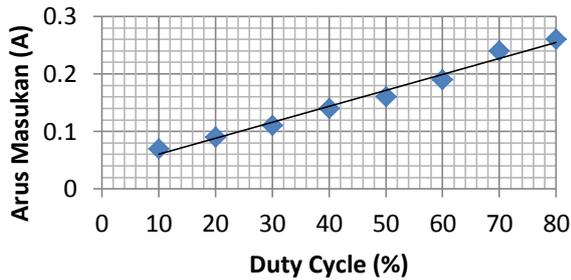
Dari Gambar 19 terlihat bahwa tegangan keluaran akan naik tergantung pada besarnya nilai *duty cycle*. hal ini menunjukkan bahwa hasil sudah sesuai dengan teori. Sedangkan Gambar 20 semakin tinggi *duty cycle* maka tegangan masukan akan semakin turun. Hal ini dikarenakan terjadi akibat pengaruh pembebanan.

3.3.2.2 Pengukuran Arus Keluaran dan Arus Masukan pada Beban Induktif

Berdasarkan Tabel 5 dapat disajikan dalam bentuk grafik yaitu.



Gambar 21 Grafik hubungan *duty cycle* dengan arus keluaran pada beban induktif

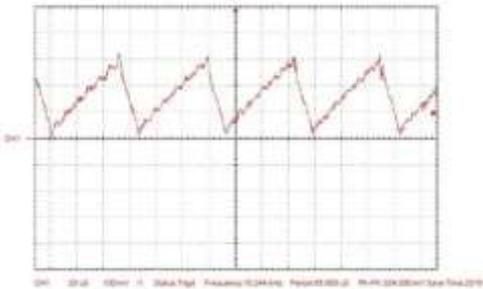


Gambar 22 Grafik hubungan duty cycle dengan arus masukan pada beban induktif

Berdasarkan Gambar 21 dan 22 terlihat bahwa arus akan semakin naik seiring dengan naiknya duty cycle. Hal ini menunjukkan bahwa Pengukuran ini sudah sesuai dengan teori.

3.3.2.3 CCM Pada Beban Induktif

Pengukuran mode CCM menggunakan induktor yang mempunyai nilai induktansi $L = 1,8 \text{ mH}$. Berdasarkan Pengukuran pada duty cycle 10 %, 70%, dan 80 % arus induktor pada mode CCM.

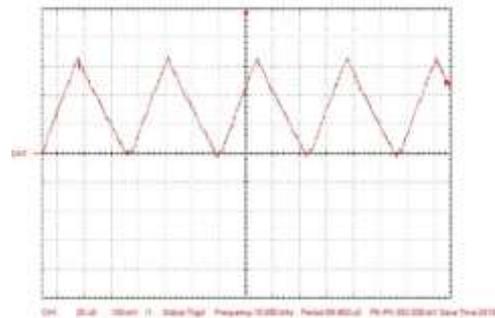


Gambar 23 Gelombang arus induktor dengan duty cycle 70%

Berdasarkan Gambar 23 terlihat arus induktor menjauhi titik nol atau ground pada duty cycle 70%. hal ini menunjukkan pada duty cycle 70% *Dc Chopper Buck* bekerja pada kondisi CCM.

3.3.2.4 DCM Pada Beban Induktif

Pengukuran mode DCM menggunakan induktor yang mempunyai nilai induktansi $L = 1,8 \text{ mH}$. Berdasarkan Pengukuran pada duty cycle 20% sampai 60% arus induktor pada mode DCM.



Gambar 24 Gelombang arus induktor dengan duty cycle 50%

Berdasarkan Gambar 24 terlihat arus induktor mendekati titik nol atau ground pada duty cycle 50%. hal ini menunjukkan pada duty cycle 50% *Dc Chopper Buck* bekerja pada kondisi DCM.

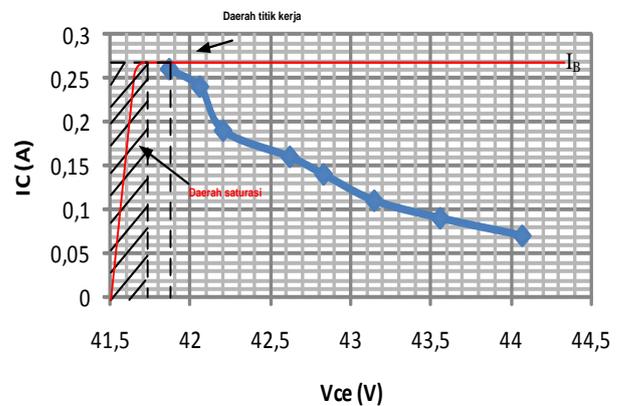
3.2.2.5 Daerah Kerja Transistor Beban Induktif dengan Tahanan Basis 460 Ω

Pada rangkaian *Dc Chopper Buck* pensaklaran transistor memiliki titik kerja maksimal. Dimana I_C memiliki titik jenuh dalam operasi dan efisiensi terbaik saat transistor bekerja sebagai saklar. Dari Pengukuran ini didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 6 Data pengukuran kerja transistor

Duty (%)	V _{CC} (V)	V _{BB} (V)	I _C (A)	I _B (A)	R _C (Ω)	V _{CE} (V)
10	44	0,8	0,07	0,0010	0,5	44,06
20	43,6	1,2	0,09	0,0015	0,5	43,55
30	43,2	1,6	0,11	0,0020	0,5	43,14
40	42,9	2,0	0,14	0,0026	0,5	42,83
50	42,7	2,3	0,16	0,0030	0,5	42,62
60	42,3	2,6	0,19	0,0033	0,5	42,20
70	42,4	2,9	0,24	0,0037	0,5	42,06
80	42	3,1	0,26	0,0040	0,5	41,87

Berdasarkan Tabel 4 dapat disajikan grafik I_C - V_{CE} yang ditunjukkan pada Gambar 25 sebagai berikut.



Gambar 25 Grafik I_C - V_{CE} dan titik kerja transistor tahanan basis 460 Ω

Gambar 25 menunjukkan pada duty 80 % transistor bekerja dalam daerah saturasi dimana I_c mengalami titik jenuh dengan nilai pada I_c 0,20A , V_{ce} 41,9 V dengan nilai efisiensi 97,72%.

3.3 Perhitungan Efisiensi Dc Chopper Buck

Efisiensi dc chopper buck dapat dicari dengan cara menghitung daya input (P_{in}) dan daya output (P_{out}) pada dc chopper buck pada masing – masing percobaan, dengan menggunakan persamaan berikut.

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

Dimana:

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

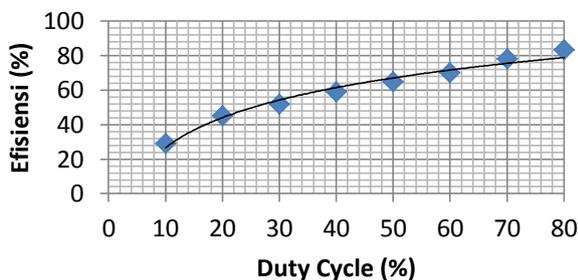
3.3.1 Perhitungan Efisiensi pada Dc Chopper Buck Beban Resistif

Berdasarkan data yang didapatkan saat Pengukuran dapat dilakukan perhitungan dc chopper buck dengan menggunakan rumus efisiensi.

Tabel 7 Perhitungan Efisiensi DC Chopper Buck beban resistif 100 watt

Duty (%)	V_{in} (V)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	I_{out} (A)	Efisiensi (%)
10	43	0,04	7,1	0,07	28,89
20	42,6	0,06	12,7	0,09	44,71
30	42,5	0,09	16,5	0,12	51,76
40	42,1	0,13	20,1	0,16	58,76
50	41,7	0,16	22,7	0,19	64,64
60	41,6	0,18	26,1	0,20	69,71
70	41,5	0,20	29,3	0,22	77,66
80	41,3	0,23	32,9	0,24	83,12

Berdasarkan Tabel 7 dapat disajikan grafik hubungan duty cycle dengan efisiensi dalam Gambar 27 sebagai berikut.



Gambar 27 Grafik hubungan duty cycle dengan efisiensi beban resistif

Pada Gambar 27 terlihat bahwa nilai efisiensi meningkat seiring bertambahnya *duty cycle*.

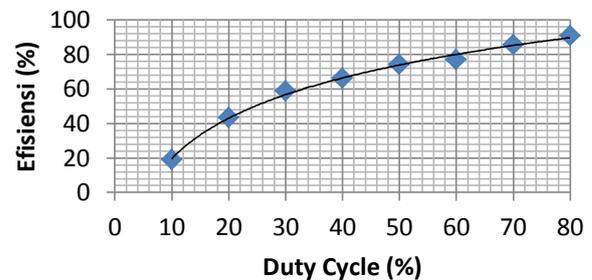
3.3.2 Perhitungan Efisiensi pada Dc Chopper Buck Beban Induktif

Berdasarkan data yang didapatkan saat Pengukuran dapat dilakukan perhitungan dc chopper buck dengan menggunakan rumus efisiensi.

Tabel 8 Perhitungan Efisiensi DC Chopper Buck beban induktif

Duty (%)	V_{in} (V)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	I_{out} (A)	Efisiensi (%)
10	44,1	0,07	4,9	0,12	19,04
20	43,6	0,09	11,3	0,15	43,19
30	43,2	0,11	17,4	0,16	58,58
40	42,9	0,14	20,9	0,19	66,11
50	42,7	0,16	24,1	0,21	74,07
60	42,3	0,19	26,9	0,23	76,98
70	42,4	0,24	32	0,27	85,51
80	42	0,26	34,2	0,29	90,82

Berdasarkan Tabel 8 dapat disajikan grafik hubungan duty cycle dengan efisiensi dalam Gambar 26 sebagai berikut.

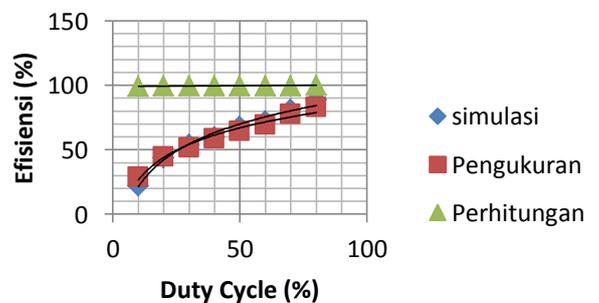


Gambar 28 Grafik hubungan duty cycle dengan efisiensi beban induktif

Pada Gambar 28 terlihat bahwa nilai efisiensi meningkat seiring bertambahnya *duty cycle*.

3.3.4 Perbandingan Efisiensi Berdasarkan Teori, Pengukuran, dan Simulasi PSIM Pada DC Chopper Buck Beban Resistif

Perbandingan efisiensi berdasarkan teori, pengukuran, dan simulasi PSIM pada DC *chopper buck* beban resistif dapat disajikan grafik sebagai berikut.



Gambar 29 Grafik hubungan duty cycle dengan efisiensi beban resistif

Gambar 4.49 menunjukkan bahwa berdasarkan teori, efisiensi terlihat mendekati 100% ideal disetiap kenaikan duty cycle. sedangkan berdasarkan simulasi PSIM terlihat efisiensi linier, semakin besar tegangan keluaran maka semakin besar juga efisiensinya. Dan pada saat pengukuran efisiensi terlihat lebih kecil dari pada teori dan simulasi. Hal ini diakibatkan pada teori dan simulasi PSIM nilai resistansi tidak diperhitungkan. Kenyataan yang sebenarnya pada pengukuran terdapat resistansi pada komponen, sehingga arus yang dihasilkan lebih besar dibandingkan pengukuran.

4. Kesimpulan

1. *Dc chopper buck* dengan menggunakan transistor SC2555 sebagai saklar dapat beroperasi pada mode CCM dan DCM.
2. Perbedaan operasi mode CCM dan DCM terletak pada nilai arus induktor minimum. Pada mode CCM arus induktor minimum lebih besar dari nol ($I_{min} > 0$), sedangkan pada mode DCM arus induktor minimum lebih kecil atau sama dengan nol ($I_{min} \leq 0$). Pengukuran arus induktor menunjukkan bahwa pada, *duty cycle* 10 % - 40 % pada dc chopper buck bekerja pada mode DCM, dan pada *duty cycle* 50 % - 80 % beralih pada mode CCM.
3. Pengukuran pada beban resistif dan induktif pada mode CCM maupun DCM memberikan hasil sedikit berbeda. Pada beban induktif tegangan keluaran dan arus keluaran lebih besar dari beban resistif karena pada beban induktif membutuhkan arus yang besar agar beban induktif yang berupa motor DC dapat berputar. Dengan timbulnya arus yang besar tegangan pada beban induktif juga besar.
4. Pengukuran pada beban resistif menunjukkan bahwa pada, *duty cycle* 10 % - 50 % pada dc chopper buck bekerja pada mode DCM, dan pada *duty cycle* 60 % - 80 % beralih pada mode CCM. Sedangkan pada beban induktif menunjukkan bahwa pada, *duty cycle* 20 % - 60 % pada dc chopper buck bekerja pada mode DCM, dan pada *duty cycle* 10 %, 70 %, dan 80 % beralih pada mode CCM.
5. Efisiensi tertinggi yang dihasilkan *dc chopper buck* beban resistif saat mode CCM sebesar 83,12 %. Keika terdapat beban induktif saat mode CCM sebesar 90,82 %. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi pada beban induktif lebih besar dari pada beban resistif karena pada beban induktif membutuhkan arus yang besar untuk starting motor.

Referensi

- [1]. Hart, Daniel W. 2010. *Switching Power Supply Design*. New York : McGraw-Hill
- [2]. Rashid, M. *Power Electronics Circuit, Device, and Application 3rd*, Prentice-Hall International Inc, 2011.
- [3]. Simon Ang, Alejandro Oliva, *Power Switching Converter 2nd*, Taylor & Francis Group, 2005
- [4]. Pressman, Abraham I. 2000. *Power Electronics, 3rd ed*. New York : McGraw-Hill
- [5]. Kim, Young-Jun dan Mark G. Allen, *Integrated Solenoid-Type Inductor for HighFrequency Applications and Their Characteristics, Samsung Electronics CO.,Ltd*, Suwon City, Korea, 1998.
- [6]. Mursyida, Dina, Rancang Bangun Modul DC-DC Converter Dengan Pengendali PI, Surabaya, 2012.
- [7]. W, Doni A, Suplai Dc Terpisah Untuk Multilevel Inverter Satu Fase Tiga Tingkat Menggunakan Buck Converter, Semarang.
- [8]. Marsala, Giuseppe, et al, A Prototype Of A Fuel Cell PEM Emulator Based On A Buck Converter, France, 2009.
- [9]. Kursun,volkan, et al, Efficiency Analysis of a High Frequency Buck Converter For On-Chip Integration with a Dual- V_{DD} Microprocessor, New York.
- [10]. Texas Instrument. 2015. TL494 Pulse-Width-Modulation Control Circuits. Texas, USA.
- [11]. S, Wasitio. 2004. Vademekum Elektronika Edisi Kedua. Jakarta PT. Gramedia.
- [12]. Santoso, Joko (Penterjemah). 2004. Prinsip – prinsip Elektronika. Jakarta :SalembaTeknika.
- [13]. Surjono, Herman Dwi. Elektronika : Teori dan Penerapan. Surabaya Cerdas Ulet Kreatif.
- [14]. Tae-Yeong Lee, et al, *IEEE, Design and Control of DC-DC Converter for theMilitary Application Fuel Cell, World Academy of Science, Engineering and Technology*, 2010.
- [15]. Mohan, Ned. Tore M, William P Robbins. *Power Electronics Converters Applications Design*. Minneapolis, Minnesota.