

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

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh:

Andi Fathurrahman Wahyu

11 524 052

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

Yogyakarta

2018

LEMBAR PENGESAHAN

SISTEM KONVERTER CUK DENGAN PENGENDALI KALANG TERBUKA

(OPEN LOOP)

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

Disusun oleh:

**Andi Fathurrahman Wahyu
11 524 052**

Yogyakarta, 8 Agustus 2018

Menyetujui,

Pembimbing



R.M Sisdarmanto Adinandra, ST, M.Sc, Ph.D

025240101

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

SISTEM KONVERTER CUK DENGAN PENGENDALI KALANG TERBUKA

(OPEN LOOP)

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Andi Fathurrahman Wahyu

11 524 052

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 13 Agustus 2018

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji :
Sisdarmanto Adinandra, ST., M.Sc., Ph.D

Anggota Penguji 1:
Almira Budiyanto, S.Si, M.Eng

Anggota Penguji 2:
Elvira Sukma Wahyuni, S.Pd., M.Eng

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 20 Agustus 2018

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Dr. Eng. Hendra Setवान, ST, MT

025200526

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 5 Agustus 2018



Andi Fathurrahman Wahyu

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum wr.wb.,

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah kepada hamba-Nya, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan. Selawat dan salam semoga tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW beserta para keluarganya, sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman. Tugas akhir yang berjudul “Sistem Konverter CUK Dengan Pengendali Kalang Terbuka (*Open Loop*)” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini, ungkapan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya diucapkan kepada berbagai pihak yang telah memberikan doa, bantuan, bimbingan, dukungan, kerja sama, fasilitas dan kemudahan lainnya. Untuk itu, dengan ketulusan hati saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kepada kedua orang tuaku dan ketiga saudaraku yang tak putus-putusnya mendoakan, memberi motivasi dan mendukung secara moril dan materil.
2. Bapak Dr.Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak RM Sisdamanto Adinandra S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktunya sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
4. Jajaran Dosen Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia yang telah mengajarkan banyak ilmu.
5. Mas Handri yang selalu menyediakan tempat, dan alat-alat di Lab. Kendali dan Lab. Komputer.
6. Teman-teman yang selalu mendukung dan memberikan masukan yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran membangun dari semua pihak demi kemajuan penulis di masa mendatang. Harapan penulis laporan tugas akhir ini dapat membantu mengembangkan ilmu pengetahuan penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 5 Agustus 2018

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

P	: Daya (Watt)
V	: Tegangan (Volt)
I	: Arus (Amp)
%	: Efisiensi
C	: Kapasitor (μF)
D	: <i>Duty Cycle</i>
R	: Resistansi (Ω)
V_{RD}	: Tegangan Drop (Volt)
L	: Induktor (mH)
Δ/L	: Arus rata-rata induktor (Amp)
F_s	: Frekuensi <i>switching</i>

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 , 120Ω , dan 560Ω . 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.

Kata kunci : *duty cycle*, konverter CUK, PWM, *buck*, *boost*.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah	1
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Studi Literatur	3
2.2 Tinjauan Teori.....	4
2.2.1 Konverter DC-DC.....	4
2.2.2 Dasar <i>Switching</i> Konverter	4
2.2.3 Konverter CUK.....	5
2.2.4 Pengendali Kalang Terbuka.....	7
2.2.5 <i>Gate Driver</i>	8
2.2.6 <i>Pulse Width Modulation</i> (PWM)	8
BAB 3 METODOLOGI.....	9
3.1 Perancangan Sistem Konverter CUK	9

3.1.1 Rangkaian PWM.....	10
3.2 Indikator Pengujian.....	14
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	15
4.1 Hasil Perancangan Konverter CUK.....	15
4.1.1 Hasil dan analisis pengujian dari rangkaian kontrol PWM	15
4.2 Hasil dan analisis konverter CUK	17
5.1 Kesimpulan	24
5.2 Saran	24
DAFTAR PUSTAKA	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 DC-DC Konverter	4
Gambar 2.2 <i>Step down</i> Konverter	4
Gambar 2.3 <i>Step up</i> Konverter	4
Gambar 2.4 <i>Voltage</i> Inverter	5
Gambar 2.5 Skema rangkaian konverter CUK.....	5
Gambar 2.6 Blok diagram kendali kalang terbuka.....	7
Gambar 2.7 Tampilan sinyal PWM.....	8
Gambar 3.1 Diagram blok sistem.....	9
Gambar 3.2 Skema rangkaian konverter CUK.....	10
Gambar 3.3 Skema rangkaian kendali PWM	10
Gambar 3.4 Diagram alir arduino	12
Gambar 4.1 Hasil perancangan <i>hardwere</i> konverter CUK	15
Gambar 4.2 Sinyal keluaran PWM dari arduino uno	16
Gambar 4.3 Sinyal keluaran PWM dari gate driver	16
Gambar 4.4 Sinyal keluaran konverter CUK	17
Gambar 4.5 Grafik perbandingan arus dan tegangan keluaran beban 560 Ω	18
Gambar 4.6 Grafik perbandingan arus dan tegangan keluaran beban 120 Ω	19
Gambar 4.7 Grafik perbandingan arus dan tegangan keluaran beban 47 Ω	20

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Koneksi arduino uno dan gate driver	11
Tabel 3.2 Spesifikasi perancangan konverter CUK	13
Tabel 3.3 Daftar komponen konverter CUK.....	14
Tabel 4.1 Pengujian dengan beban 560Ω	18
Tabel 4.2 Pengujian dengan beban 120Ω	19
Tabel 4.3 Pengujian dengan beban 47Ω	20

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Permintaan energi listrik dari tahun ke tahun terus meningkat. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu penggunaan komponen elektronik yang penggunaannya tanpa batas dan dapat dijumpai dimana saja baik dalam pemerintahan, rumah tangga, sektor per industri, perusahaan, pabrik, dan bisnis[1]. Barang-barang elektronika tersebut banyak yang tidak efisien di karenakan *supply* tegangan yang tidak sesuai dengan kebutuhan. Maka dari itu semua barang elektronika membutuhkan alat penghasil tegangan searah.

Salah satu alat penyedia tegangan searah yaitu konverter DC-DC. Konverter DC-DC adalah rangkaian elektronika yang digunakan sebagai regulator tegangan[2]. Konverter DC-DC sangat berguna untuk beban yang membutuhkan *supply* daya pada level tertentu sedangkan daya yang tersedia hanya mampu menyediakan tegangan atau arus DC pada level yang lain. Konverter DC-DC terbagi menjadi beberapa topologi yaitu topologi *boost* konverter, *buck* konverter, *buck boost* konverter, *sepic* konverter, zeta konverter dan CUK *converter*[3]. Konverter DC-DC memiliki dua tipe *switching* yang berbeda yaitu *resonant* and *soft switching* konverter, dan *hard switching* *pulse width modulation* (PWM) konverter.

Salah satu konverter DC-DC yang sering dijumpai yaitu konverter DC-DC dengan topologi CUK yang menggunakan prinsip *switching* dengan *pulse width modulation* (PWM). Konverter jenis ini dapat bekerja menaikkan dan menurunkan tegangan. Prinsip ini sama seperti *buck-boost* konverter tetapi memiliki perbedaan dari segi rangkaian dan lebih efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang, maka dapat di rumuskan masalah sebagai berikut : Bagaimana mendesain dan membuat rangkaian konverter CUK dengan pengendali kalang terbuka.

1.3 Batasan Masalah

Batasan Masalah berisi hal-hal yang membatasi lingkup penelitian.

1. Sistem konverter CUK menggunakan sistem kendali kalang terbuka.
2. Tegangan masukan yang diberikan yaitu 10 Volt dan maksimal *duty cycle* adalah 65%.
3. Pengujian pada konverter CUK dilakukan menggunakan beberapa beban resistor.
4. Frekuensi *switching* yang diberikan adalah 50KHz.

PWM yang digunakan berasal dari arduino.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari skripsi ini adalah mendesain dan membuat rangkaian konverter CUK dengan pengendali kalang terbuka yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan dengan tegangan masukan yang telah diberikan dan mampu menganalisa konverter CUK pada saat bekerja secara buck atau boost.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari skripsi ini adalah alat yang dibuat nantinya dapat dijadikan catu daya DC dan dapat digunakan sebagai media pembelajaran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Pada penelitian yang dilakukan oleh Annisa Tri Andini dkk[4] mengenai “Perancangan *Battery* Kontrol Unit (BCU) Dengan Menggunakan Topologi CUK Konverter pada Instalasi Tenaga Surya”. Penelitian yang dilakukan dengan membuat konverter topologi CUK dalam perancangan *battery* kontrol unit (BCU) yang dapat mengubah *duty cycle* dan dapat mengurangi *ripple* tegangan pada keluaran panel surya dan masukan untuk *battery*. Pada penelitian ini menggunakan metode perancangan kendali kalang tertutup dalam pengoperasiannya. Dimana, dalam pengoperasiannya tegangan keluaran diproses melalui sensor untuk mempengaruhi tegangan *inputnya* dan memerlukan rangkaian tambahan agar *board* CUK dapat bekerja sesuai kebutuhan. Perbedaan dengan penelitian yang akan saya lakukan terletak pada metode perancangan kendali yang digunakan. Dimana, penelitian ini yang akan saya lakukan menggunakan kalang terbuka. Perbedaan sistem kendali kalang terbuka dengan sistem kendali kalang tertutup yaitu kendali kalang terbuka tegangan keluaran tidak mempengaruhi tegangan masukannya (tidak terjadi umpan balik) sehingga besaran yang dikontrol tidak dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan. sedangkan kendali kalang tertutup besaran keluaran mempengaruhi besaran masukan sehingga besaran yang dikontrol dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Suko Pandu dkk[5] mengenai “Pembuatan Alat Pereduksi Gas CO pada Asap Rokok Berbasis CUK *Flyback* Tegangan Tinggi”. Penelitian dengan membuat alat pereduksi asap rokok dengan menggunakan konverter CUK sebagai rangkaian utama guna memantau arus tegangan yang dikeluarkan oleh sensor. Konverter CUK pada rangkaian tersebut dioperasikan menggunakan metode *Continous Conduction Mode* (CCM). Dan *switching* yang digunakan pada rangkaian pengendalinya yaitu kontrol IC 4047. Perbedaan penelitian yang dilakukan oleh Suko Pandu dengan penelitian yang akan saya lakukan terletak pada *switching* yang digunakan. Penelitian ini menggunakan *switching* kontrol IC TLP 250 pada rangkaian pengendalinya. Penelitian ini bertujuan agar dapat menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai spesifikasi komponen elektronik agar dapat stabil bila menerima suplai tegangan yang melebihi spesifikasinya dan untuk mengetahui konverter CUK bekerja pada mode *buck* atau *boost* berdasarkan nilai *duty cycle* yang diberikan.

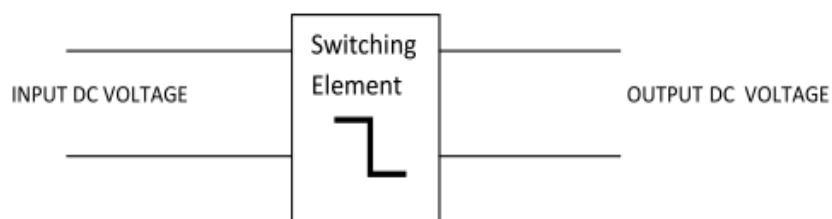
Pada penelitian yang dilakukan oleh Mohamad Lukmanul Hakim dkk[6] mengenai “Analisis perbandingan *buckboost* konverter dan CUK konverter dengan pemicu mikrokontroller ATmega

8535 untuk aplikasi kinerja peningkatan panel surya”. Penelitian membahas mengenai pemicu PWM menggunakan mikrokontroler ATmega 8535 dan menganalisis kinerja dari rangkaian *buckboost* dan CUK konverter dengan beban (resistif) lampu pijar dan (induktif) motor DC. Perbedaan antara penelitian yang dilakukan oleh Lukmanul Hakim dengan penelitian yang akan dilakukan terletak pada pengendali yang digunakan. Pada penelitian Lukmanul Hakim menggunakan pengendali mikrokontroler ATmega 8535, sedangkan penelitian yang akan dilakukan menggunakan pengendali mikrokontroler arduino uno. Selain itu dalam penelitian yang akan dilakukan pemicu PWM menggunakan *gate driver* yang berfungsi untuk menaikkan tegangan arduino uno agar lebih besar agar dapat mengaktifkan MOSFET.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Konverter DC-DC

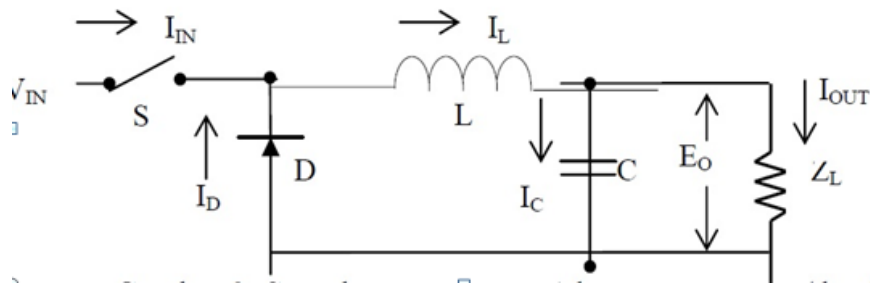
Konverter DC-DC merupakan rangkaian elektronik yang mengkonversikan *input* tegangan DC menjadi keluaran tegangan DC dengan nilai yang telah dioptimalisasikan. Konverter DC-DC yang akan dibahas pada skripsi ini adalah konverter DC-DC dengan jenis *switching-mode* DC-DC konverter. Tegangan DC masukan 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.



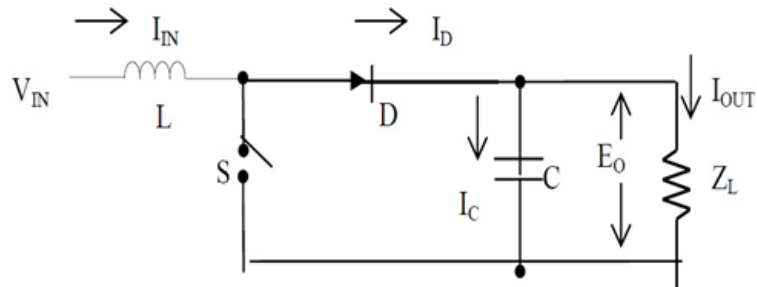
Gambar 2.1 Konverter DC-DC [7]

2.2.2 Dasar *Switching* Konverter

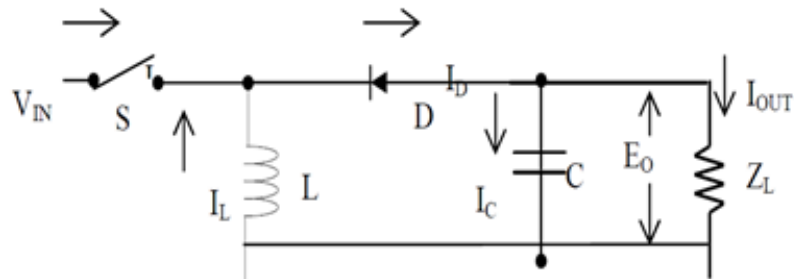
Pada dasarnya konverter memerlukan regulator *switching* dalam pengoperasiannya. Untuk konsep *switching* pada konverter DC-DC ada tiga konsep dasar yaitu *voltage inverter*, *step up* konverter, dan *step down* konverter. Semua regulator akan menyimpan energi pada perioda “on” dari *switch*, dimana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



Gambar 2.2 Step down Konverter.



Gambar 2.3 Step up konverter



Gambar 2.4 Voltage Inverter [8]

2.2.3 Konverter CUK

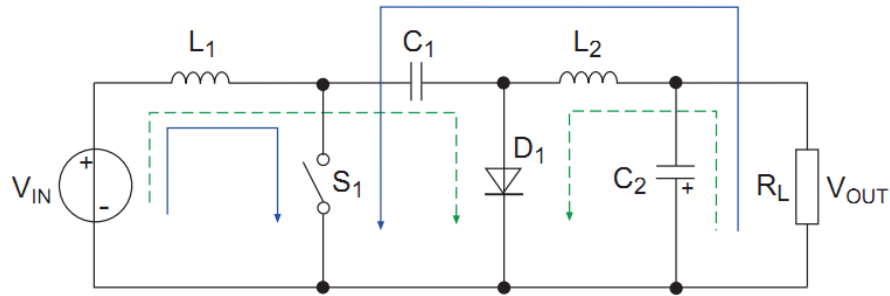
Topologi CUK ditunjukkan pada Gambar 2.5. Besaran tegangan keluaran dapat lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan *input* tergantung pada siklus tugas dan ada pembalikan polaritas pada *output* [9].

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.

Analisis converter CUK dimulai dengan asumsi-asumsi yaitu:

1. Kedua induktor sangat besar dan arus di dalamnya adalah konstanta.
2. Kedua kapasitor sangat besar dan tegangan di atasnya adalah konstanta.
3. Sirkuit beroperasi dalam kondisi stabil, yang berarti bahwa bentuk gelombang tegangan dan arus adalah periodik.
4. Untuk rasio tugas D , saklar ditutup untuk waktu DT dan terbuka untuk $(1-D)T$.

5. Saklar dan dioda ideal [10].



Gambar 2.5 Rangkaian umum konverter CUK [9].

Persamaan yang digunakan dalam membuat konverter CUK yaitu:

1. Menentukan tegangan keluaran

Tegangan keluaran konverter CUK dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

2.1.

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

Dimana:

V_{out} = Tegangan keluaran (volt)

V_{in} = Tegangan *input* (volt)

D = *Duty cycle* (%)

2. Menentukan nilai arus keluaran

Untuk mencari arus keluaran dapat digunakan persamaan 2.2.

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

Dimana :

I_{out} = Arus keluaran (amp)

V_{out} = Tegangan Keluaran (volt)

R = Hambatan

3. Menentukan daya keluaran dan efisiensi

Untuk menentukan nilai daya keluaran dan efisiensi dapat menggunakan persamaan 2.3 dan 2.4.

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

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

Dimana :

P_{in} = Daya masukan (watt)

P_{out} = Daya keluaran (watt)

Nilai daya keluaran dan daya masukan digunakan untuk menghitung nilai efisiensi. Nilai efisiensi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5.

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

4. Menentukan nilai induktor

Untuk mencari nilai induktor dapat menggunakan persamaan 2.6.

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

Dimana:

Δ/L = Arus rata-rata induktor (Amp)

L = Induktor (mH)

F_s = frekuensi *switching* (KHz)

5. Pemilihan jenis dioda

Untuk menentukan jenis diode yang digunakan pada perancangan konverter CUK menggunakan persamaan 2.7.

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

Dimana:

V_{RD} = Tegangan drop (volt)

6. Menentukan nilai kapasitor

Untuk menentukan nilai kapasitor pada perancangan konverter CUK menggunakan persamaan 2.8.

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

Dimana:

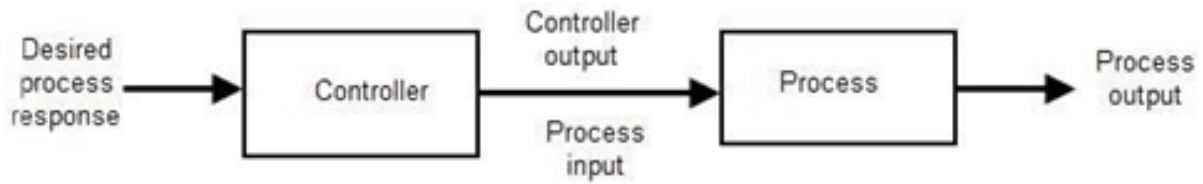
C_{min} = Kapasitansi minimal (μ F)

R_{min} = Resistansi minimal (ohm) [10]

2.2.4 Pengendali Kalang Terbuka

Pada dasarnya ada dua sistem kendali yaitu kendali kalang terbuka (*open loop*) dan kendali kalang tertutup (*close loop*).

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. Blok diagram kendali kalang terbuka dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Blok diagram kendali kalang terbuka [11]

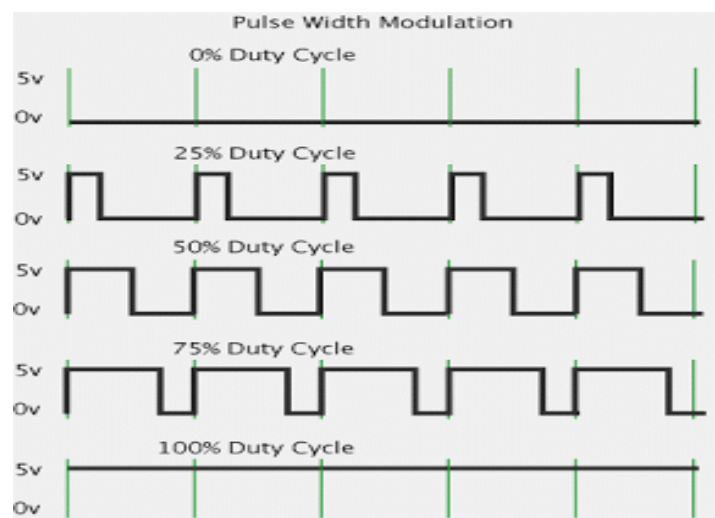
2.2.5 Gate Driver

Gate Driver adalah *power amplifier* yang menerima *input* daya rendah dari IC pengendali dan menghasilkan nilai daya yang lebih tinggi sehingga dapat mengaktifkan MOSFET. Dalam perancangan *gate driver* membutuhkan *optocoupler* yang di konfigurasi dengan pengendali. 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.

2.2.6 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.

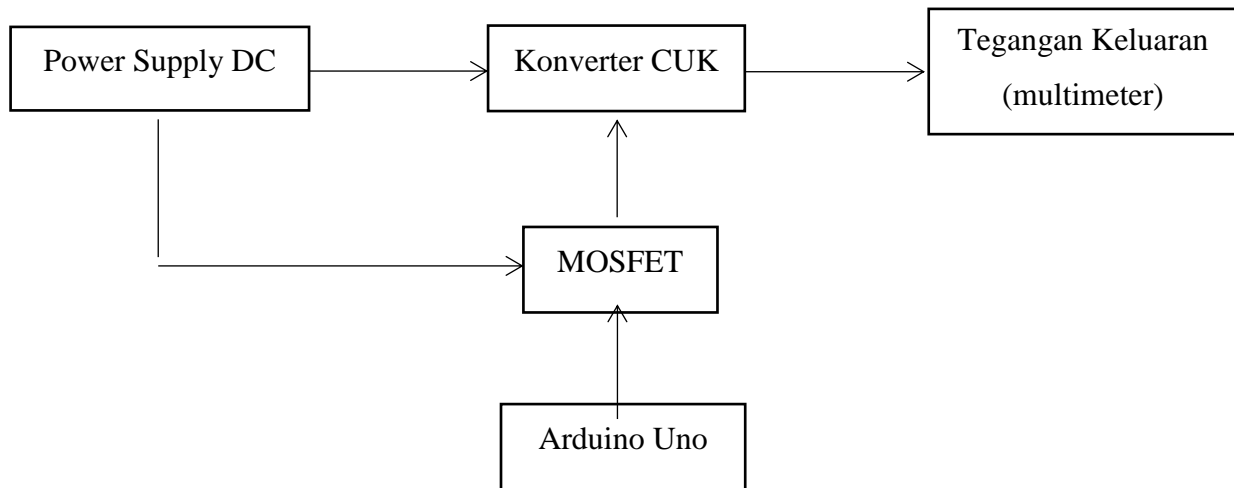


Gambar 2.7 Tampilan Sinyal PWM [12]

BAB 3

METODOLOGI

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 MOSFET. Rangkaian pengendali PWM terdiri dari optocoupler TLP250 dan arduino uno sebagai pengendali.

3.1 Perancangan Sistem Konverter CUK

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

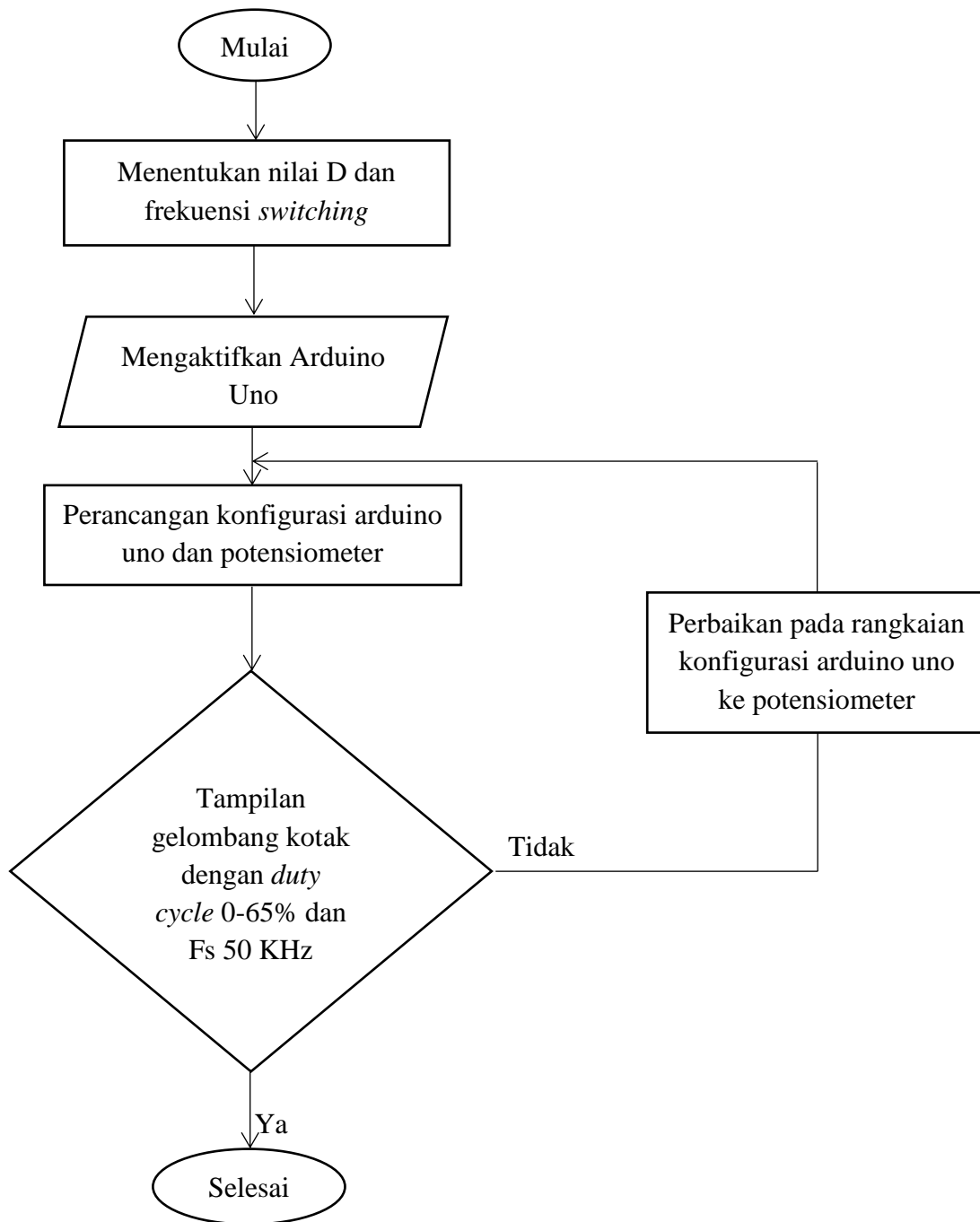
Gambar 3.3 merupakan skema rangkaian pengendali PWM yang digunakan dalam perancangan konverter CUK. Pengendali yang digunakan pada rangkaian ini adalah arduino uno. Arduino Uno digunakan untuk memberikan sinyal PWM. Tetapi dalam memberikan sinyal PWM, arduino uno terlebih dahulu diprogram dengan menggunakan *library* PWM. Hal yang paling utama diatur pada sistem pengendali (arduino uno) yaitu nilai frekuensi *switching* (F_s) dan nilai *duty cycle*. Nilai frekuensi *switching* yang diatur pada arduino sebesar 50KHz. Sedangkan nilai *duty cycle* yang diatur pada perancangan Konverter CUK berkisar antara 0-65 %. Apabila nilai *duty cycle* yang diatur melebihi 65% maka akan mengakibatkan drop tegangan yang disebabkan oleh faktor resitansi pada induktor. Perubahan nilai *duty cycle* dapat diamati saat konverter bekerja secara *mode buck* (*step down* konverter) atau *mode boost* (*step up* konverter). Frekuensi *switching* diberikan sesuai dengan spesifikasi awal konverter yang akan dirancang karena nilai frekuensi *switching* dapat menentukan nilai komponen yang digunakan pada konverter CUK.

Sinyal PWM dari arduino tidak dapat disambungkan langsung ke rangkaian Konverter CUK. Hal ini disebabkan karena tegangan keluaran dari arduino tidak dapat memicu MOSFET *on*, sehingga dibutuhkan *gate driver* untuk memicu MOSFET tersebut. *Gate driver* menggunakan *optocoupler* TLP250 yang terdiri dari dua sisi yaitu *transmitter* dan *receiver*. Keluaran dari sistem kontrol (Arduino Uno) dihubungkan ke sisi *transmitter*, sedangkan sisi *receiver* dihubungkan pin *gate* dan pin *source* pada MOSFET. Tabel 3.1 adalah koneksi antara arduino uno dan *gate driver*.

Tabel 3.1 Koneksi arduino uno dan gate driver

Arduino uno	Gate driver
GND	Potensiometer pin 1
A ₀	Potensiometer pin 2
VDC 5Volt	Potensiometer pin 3
9	IC TLP 250 pin 2
GND	IC TLP 250 pin 3

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



Gambar 3.4 Diagram Alir Arduino

3.1.2 Rangkaian Konverter CUK

Perancangan rangkaian Konverter CUK menggunakan parameter atau spesifikasi yang telah ditentukan. Spesifikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi perancangan konverter CUK.

Parameter	Nilai
Tegangan masukan (V_{in})	10Volt
<i>Duty cycle</i>	10-65%
Frekuensi <i>switching</i> (F_s)	50 KHz
Pengendali	Arduino Uno
Ripple tegangan dan arus	0,05
R	Rmax : 560 Ω Rmin : 47 Ω

Berdasarkan spesifikasi konverter CUK pada Tabel 3.2 maka dapat di tentukan nilai dan jenis dari komponen elektronika yang akan digunakan. Tahap awal dalam penentuan komponen yang akan digunakan yaitu:

1. Menentukan jenis induktor dan nilainya

Untuk menentukan nilai dan jenis induktor yang akan digunakan dapat menggunakan persamaan 2.6.

$$\begin{aligned}L_{min} &= \frac{V_{in} \times D_{max}}{\Delta/L \times F_s} \\ &= \frac{10 \times 0,65}{0,05 \times 50000} = \frac{6,5}{2500} = 0,0026 H \\ &= 2,6 mH\end{aligned}$$

2. Pemilihan jenis dioda

Berdasarkan persamaan 2.7 kita dapat menentukan jenis dioda yang digunakan. Adapun dioda yang digunakan berjenis *sckhotty* MUR1560g. Dioda jenis ini sangat baik dalam mengurangi drop tegangan dan meminimalisir terjadinya rugi-rugi daya.

3. Pemilihan jenis MOSFET

MOSFET yang digunakan berjenis IRFp4110 karena jenis MOSFET ini mendekati kriteria yang diinginkan seperti :

- *Fast switching* atau frekuensi tinggi.
- Dapat beroperasi dengan arus diatas 2 A.
- Dapat beroperasi dengan temperature tinggi sehingga tidak mudah terbakar.

4. Menentukan nilai kapasitor

Untuk menentukan nilai kapasitor dengan menggunakan persamaan 2.8.

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

$$C_{\min} > \frac{0,65}{50000 \left(\frac{0,05}{18,57} \right)^{47}}$$

$$C_{\min} > \frac{0,65}{6327,41} = 102,73 \mu\text{F}$$

Dalam perancangan konverter CUK menggunakan dua kapasitor dengan nilai 470 μ F/160 volt. Kapasitor yang digunakan tidak sesuai dengan yang dihitung manual karena nilai kapasitor tersebut tidak ada. Kapasitor yang digunakan dengan rating lebih dari 100 volt dengan tujuan agar tidak terjadi tegangan berlebih pada proses pengisian.

5. Daftar komponen konverter CUK

Komponen yang digunakan dalam perancangan konverter CUK dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.3 Daftar komponen konverter CUK

Komponen	Nilai
Induktor (L1)	3 Mh
Induktor (L2)	3 Mh
Mosfet	IRFp4110
Dioda	MUR1560g
Kapasitor (C1)	470 μ F/160volt
Kapasitor (C2)	470 μ F/160volt
R	Rmin : 47 Ω Rmax : 560 Ω

3.2 Indikator Pengujian

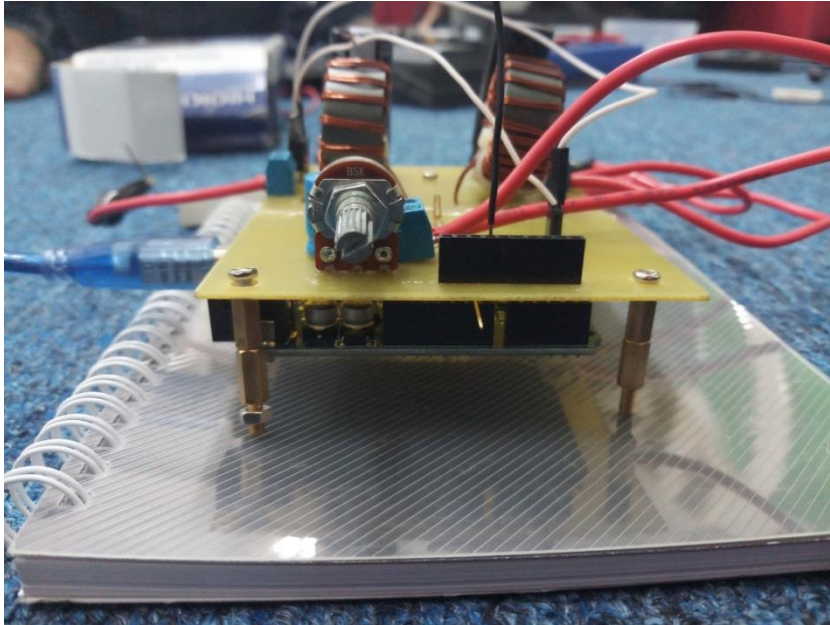
Pengujian ini dilakukan dengan mengamati kinerja dari konverter CUK ketika beroperasi secara *step up (boost)* konverter dan *step down (buck)* konverter dengan perubahan nilai *duty cycle*. Nilai keluaran dari konverter CUK memiliki polaritas terbalik dari tegangan masukannya. Nilai yang di ukur pada pengujian ini yaitu nilai tegangan keluaran dan nilai arus keluaran. Pada multimeter, nilai tegangan keluaran yang diukur agak berbeda dengan nilai tegangan keluaran secara matematis. Hal ini nantinya dapat di amati perbandingannya. Pada pengukuran nilai arus dapat juga di amati perbandingan arus masukan dan arus keluaran ketika konverter bekerja pada saat mode *buck* dan mode *boost*.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Konverter CUK

Hasil dari perancangan konverter CUK dapat dilihat pada gambar 4.1

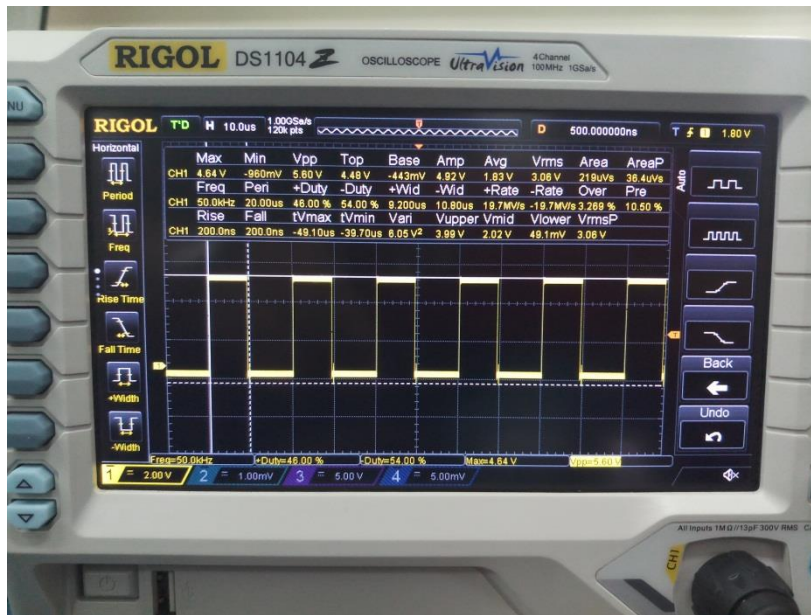


Gambar 4.1 Hasil perancangan *hardware* konverter CUK

Dari gambar 4.1 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.

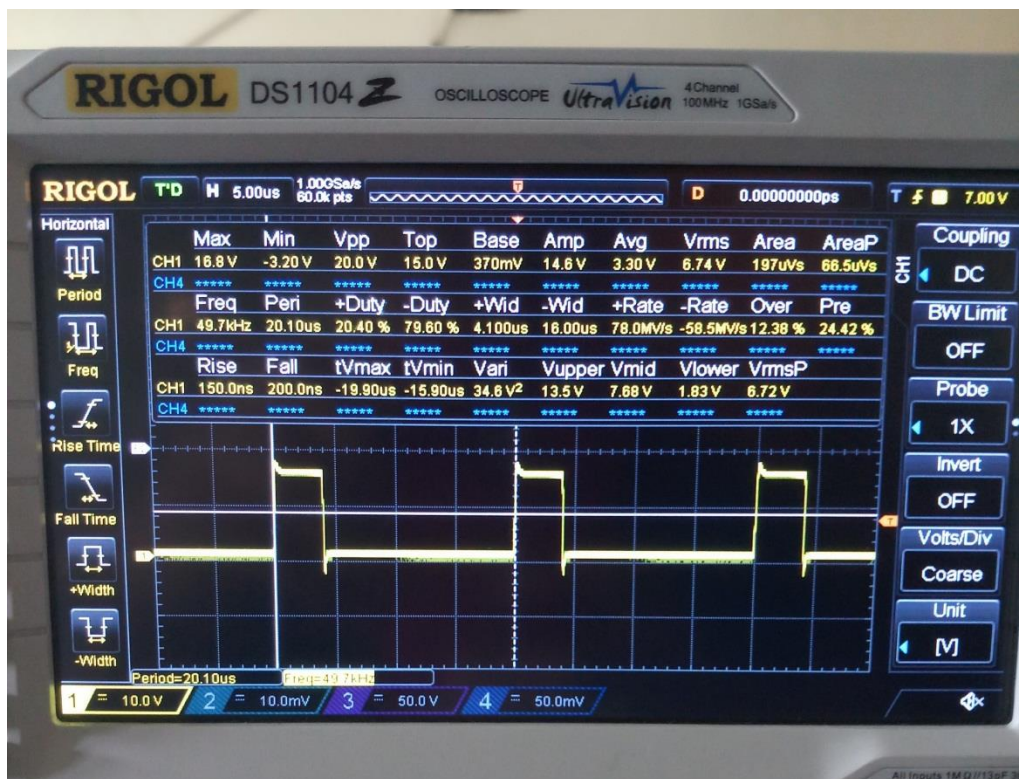
4.1.1 Hasil dan analisis pengujian dari rangkaian kontrol PWM

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.

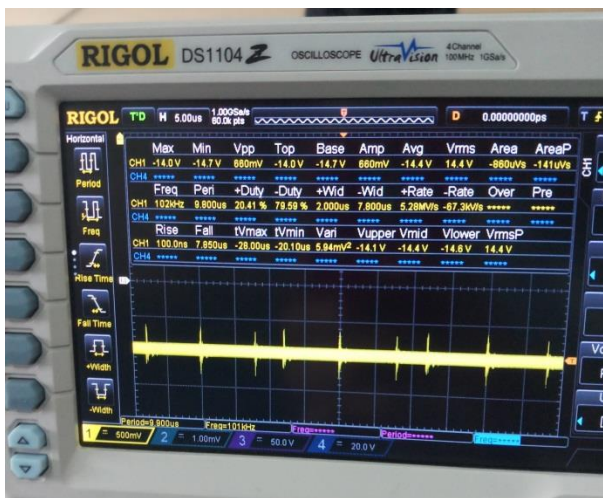


Gambar 4.3 merupakan sinyal keluaran PWM dari gate driver

Dari Gambar 4.3 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.

4.2 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 Sinyal keluaran konverter CUK

Gambar 4.4 menunjukkan perbedaan sinyal keluaran pada gambar (a) dan gambar (b). Perbedaan sinyal keluaran disebabkan oleh perubahan nilai *duty cycle*. Semakin besar nilai perubahan *duty cycle* maka tegangan *peak to peak* (Vpp) yang dihasilkan semakin besar dan noise yang dihasilkan semakin banyak.

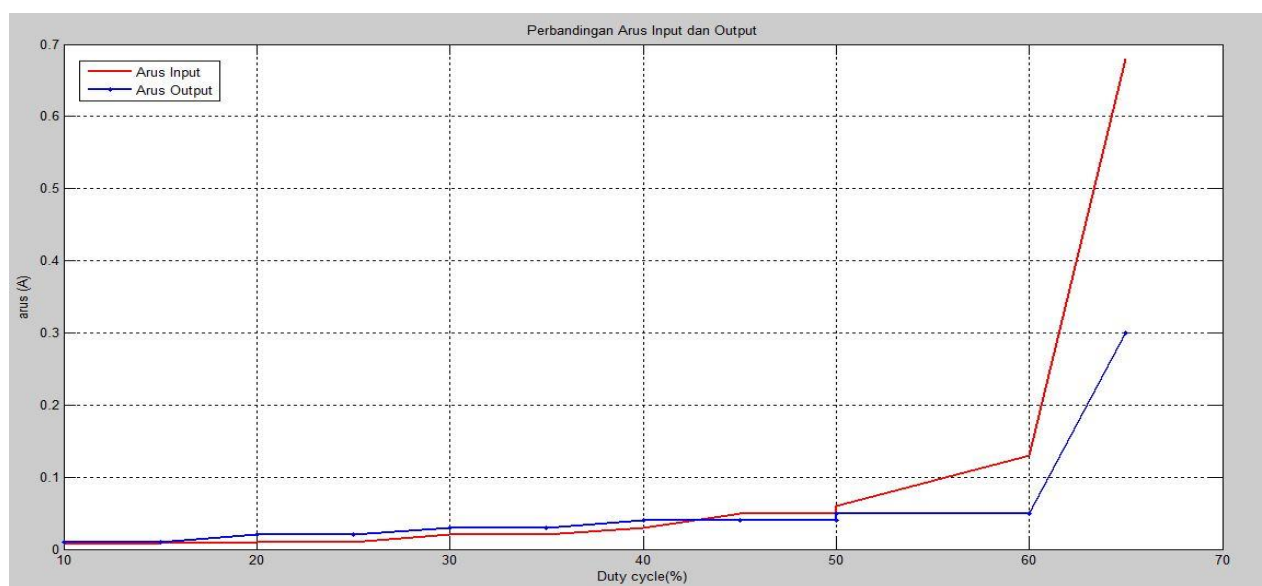
Data pengujian konverter CUK dengan variasi beban disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Nilai *duty cycle* yang diberikan berkisar antara 10%-65%.

Hasil pengujian konverter CUK menggunakan beban 560Ω dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan grafik pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.

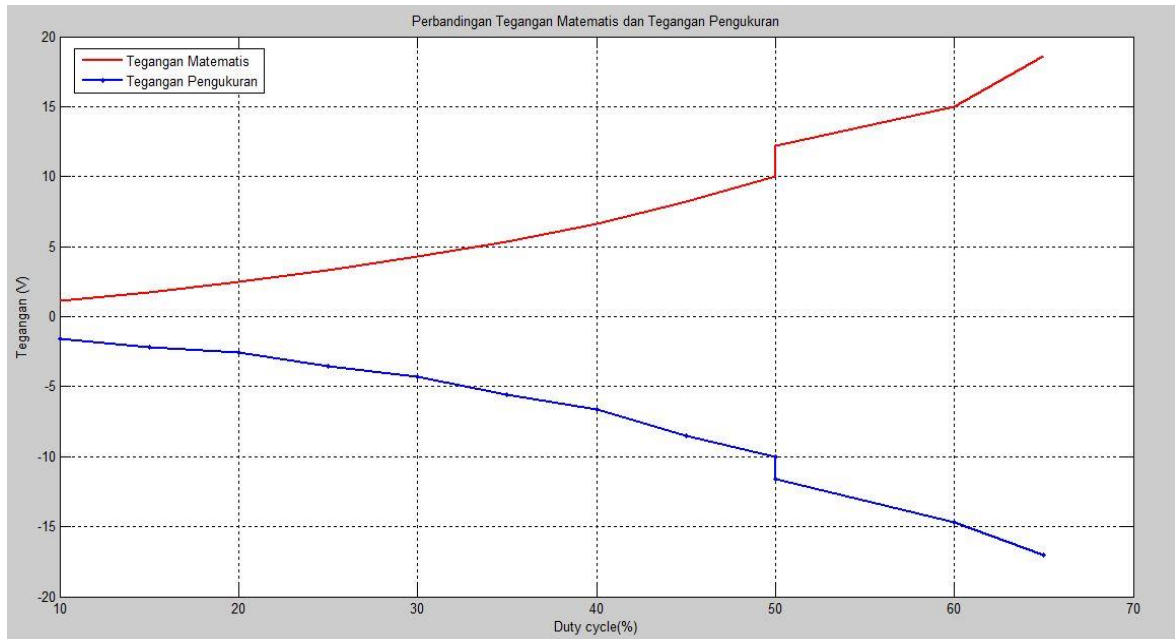
Tabel 4.1 pengujian dengan beban 560Ω

V_{in} (V)	I_{in} (A)	P_{in} (Watt)	$Duty\ cycle\ e$ (%)	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 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 tertkecil 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%.



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Arus dengan Beban 560Ω



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Tegangan dengan Beban 560Ω

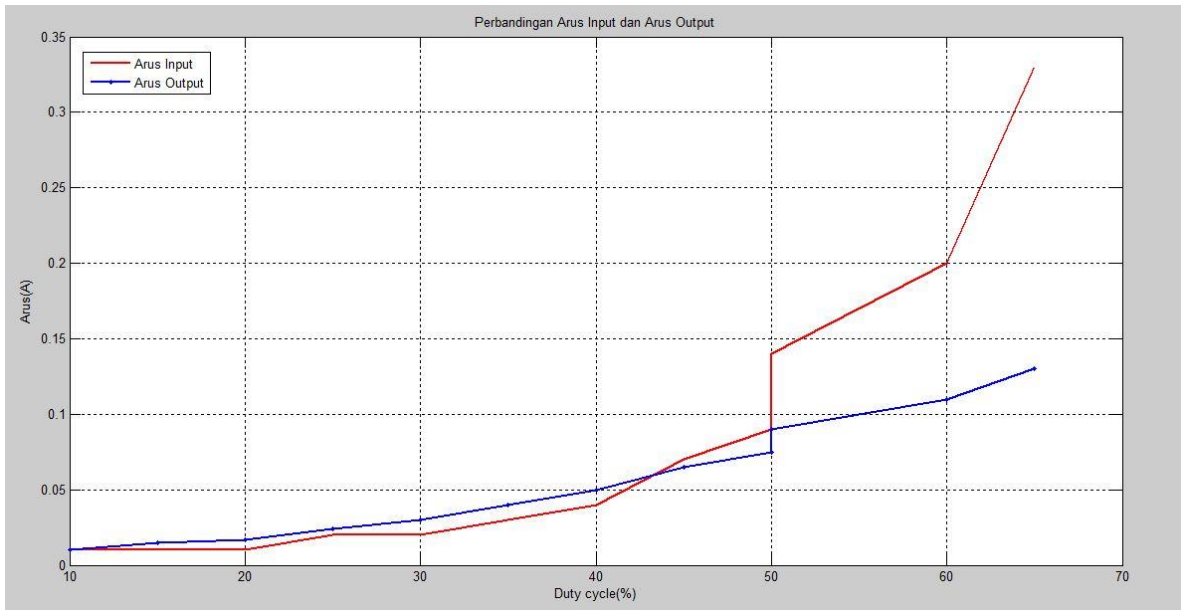
Hasil pengujian konverter CUK menggunakan beban 120Ω dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan grafik pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.

Tabel 4.2 Pengujian dengan beban 120 Ω

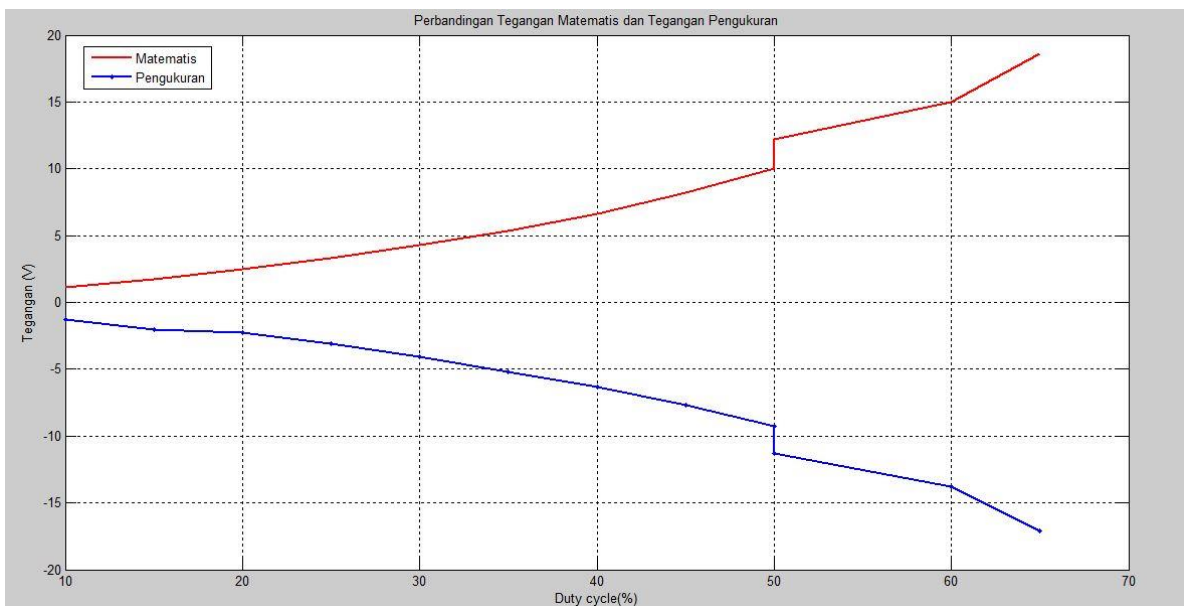
Vin (V)	Iin (A)	Pin (Watt)	Duty cycle (%)	Vout			Iout (A)	Pout (Watt)	Efisiensi (%) (Pers. 2.5)
				Matematis (Pers. 2.1)	Pengukuran	Selisih			
10	0,01	0,1	10	1,11	-1,28	2,39	0,01	0,012	12
10	0,01	0,1	15	1,76	-2,03	3,79	0,015	0,030	30
10	0,01	0,1	20	2,5	-2,29	4,79	0,017	0,038	38
10	0,02	0,2	25	3,33	-3,1	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 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 $120\ \Omega$ terletak pada nilai *duty cycle* 50% sebesar 77,64% sedangkan nilai efisiensi terkecil terdapat pada nilai *duty cycle* 10% sebesar 12%.



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Arus dengan Beban $120\ \Omega$



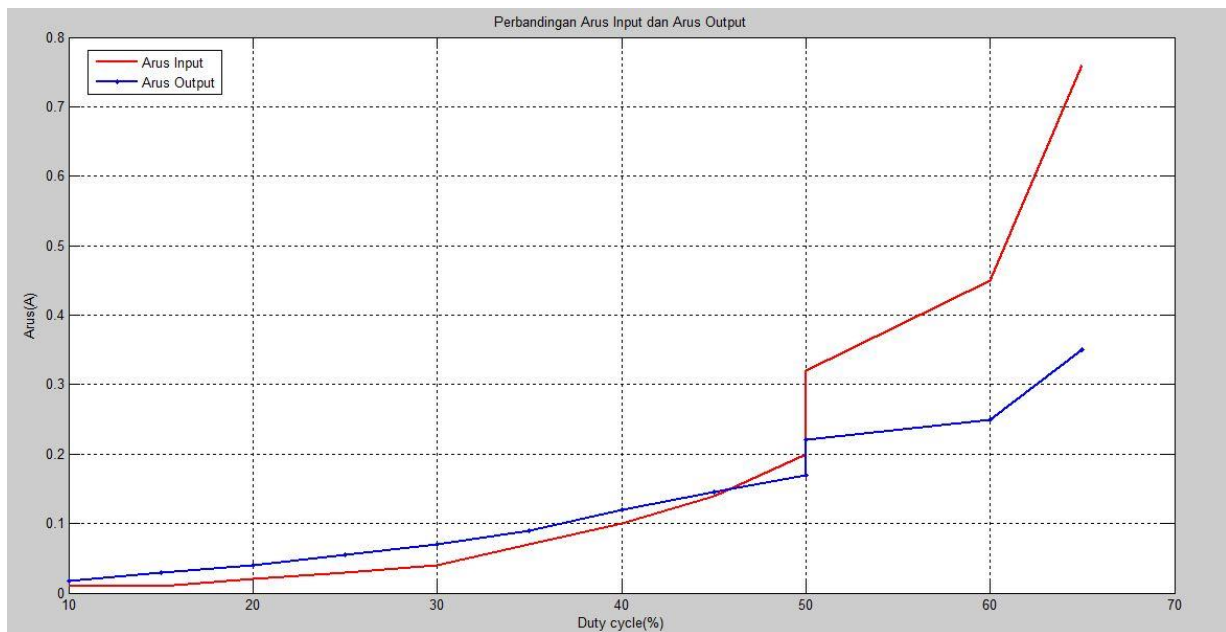
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Tegangan dengan Beban $120\ \Omega$

Hasil pengujian konverter CUK menggunakan beban 47Ω dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan grafik pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.

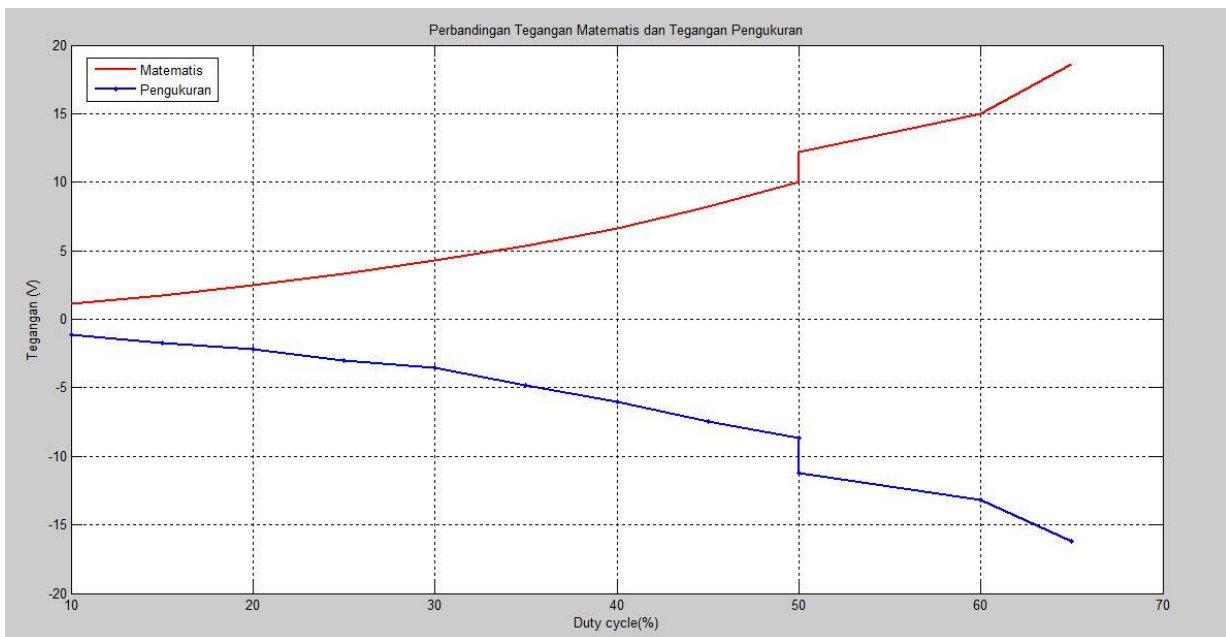
Tabel 4.3 Pengujian dengan beban 47Ω

Vin (V)	Iin (A)	Pin (Watt)	Duty cycle (%)	Vout			Iout (A)	Pout (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 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%.



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Arus dengan Beban 47Ω



Gambar 4.10 Grafik perbandingan tegangan dengan beban 47Ω

Gambar 4.5, 4.7, dan 4.9, dan menunjukkan grafik perbedaan antara arus masukan dan arus keluaran. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa arus masukan lebih besar dibandingkan arus keluaran. Hal ini sesuai dengan teori yang sudah ada karena pada konverter CUK terdapat induktor dan kapasitor pada sisi masukan sehingga riak arus yang dihasilkan pada sisi keluaran lebih kecil dibandingkan sisi masukan.

Gambar 4.6, 4.8, dan 4.10 menunjukkan grafik nilai tegangan yang dihasilkan oleh konverter CUK. Nilai tegangan pengukuran dan tegangan matematis yang dihitung menggunakan rumus menghasilkan tegangan yang lebih kecil dibandingkan dengan tegangan masukan. Dari

ketiga grafik nilai tegangan, tegangan matematis lebih besar dibandingkan tegangan pengukuran. Terjadi selisih tegangan lebih dari 2 volt antara tegangan matematis dan tegangan pengukuran. Selisih ini terjadi pada percobaan menggunakan beban 47Ω pada *duty cycle* 65%.

Setelah diperoleh nilai arus keluaran dan tegangan keluaran yang diukur, maka daya keluaran dapat diperoleh. Setelah memperoleh daya keluaran kemudian mencari nilai efisiensinya. Untuk memperoleh nilai efisiensi dilakukan dengan membagi daya keluaran dan daya masukan dikali 100 persen. Nilai efisiensi tertinggi yang dihasilkan sebesar 78,75% pada percobaan beban 120Ω dengan *duty cycle* 40% sedangkan nilai efisiensi terkecil sebesar -129% pada percobaan beban 560Ω dengan *duty cycle* 30%.

Secara keseluruhan konverter CUK sudah bekerja dengan baik karena pada pengujian nilai efisiensi yang diperoleh mendekati nilai 80%. Nilai efisiensi tidak dapat mencapai angka 100% karena terdapat rugi rugi daya (*power losses*).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

Tegangan keluaran berbanding terbalik dengan tegangan masukan.

Jika duty cycle $< 50\%$ maka konverter CUK bekerja secara buck sedangkan apabila duty cycle $> 50\%$ maka konverter CUK bekerja secara boost.

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.

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] Tri Andini A dkk, “Perancangan *Battery* Kontrol Unit (BCU) Dengan Menggunakan Topologi CUK Konverter pada Instalasi Tenaga Surya”, Vol.1, No.4, 2013.
- [5] Suko Pandu A, “Pembuatan Alat Pereduksi Gas CO₂ pada Asap Rokok Berbasis CUK *Flyback* Tegangan Tinggi”, *Jurnal Transient*, Vol.4, No. 4, Desember 2015.
- [6] Mohamad Lukmanul Hakim dkk, “Analisis perbandingan *buckboost* konverter dan CUK konverter dengan pemicu mikrokontroller ATMega 8535 untuk aplikasi kinerja peningkatan panel surya”, *Transmisi*, Vol.18, No.3, Juli 2016.
- [7] NPTL – *Electrical Engineering – Introduction To Hybrid and Electric Vehicles*, “DC-DC Converter”, *Lec 9: DC-DC Converters For EF and HEV Application*.
- [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.