

Sistem Pengendalian Motor DC Menggunakan *Buck Converter* Berbasis Mikrokontroler ATmega 328

Fajar Wahid Azhari^{1*}, Aswardi²

¹Teknik Elektro Industri, ¹Universitas Negeri Padang

*Corresponding author, e-mail: fajarwahidazhari50@gmail.com

* Corresponding co author, e-mail: aswardi@ft.unp.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi dan sistem kontrol sangat cepat berkembang dan peralatan elektronik telah menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satunya motor DC sebagai penggerak. Dalam pengontrolan motor DC, keluaran dari tegangan searah (DC) tersebut dapat dirubah menjadi lebih besar atau lebih kecil. Pengaturan kecepatan putar motor DC dilakukan dengan memvariasi *duty cycle* menggunakan potensiometer pada rangkaian *buck converter*. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa alat dapat bekerja sesuai dengan karakteristik DC-DC converter tipe *buck converter* dengan hubungan antara *duty cycle* dengan tegangan keluaran berbanding lurus, semakin besar nilai *duty cycle*, maka semakin besar pula nilai tegangan keluaran. Dengan hasil pengukuran *buck converter* dengan *duty cycle* 63,3% yang menghasilkan tegangan keluaran 50 volt, arus keluaran 0.27 ampere dan kecepatan putar motor 400 rpm.

Kata kunci: *buck converter, duty cycle, motor DC*

Abstract

The development of technology and control systems is very fast developing and electronic equipment has become an inseparable part of daily life. One of them is a DC motor as a driver. In controlling a DC motor, the output of direct voltage (DC) can be changed to be greater or smaller. Setting the DC motor rotational speed is done by varying the duty cycle using a potentiometer in the buck converter circuit. Based on the test results it was found that the tool can work in accordance with the characteristics of a DC-DC converter type buck converter with the relationship between duty cycle and output voltage is directly proportional, the greater the value of the duty cycle, the greater the value of the output voltage. With the buck converter measurement results with 63.3% duty cycle that produces an output voltage of 50 volts, an output current of 0.27 amperes and a motor rotational speed of 400 rpm.

Keywords: *buck converter, duty cycle, DC motor*

PENDAHULUAN

Saat ini perkembangan teknologi dan sistem kontrol sangat cepat berkembang, dan peralatan elektronik telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satunya pemanfaatan putaran motor DC sebagai penggerak. Pengembangan sistem kontrol untuk motor khususnya motor DC sangat penting dilakukan untuk menghasilkan kinerja motor yang optimal.

Perkembangan ilmu teknologi dalam bidang elektronika daya telah menghasilkan ketersediaan pasokan tegangan searah (DC), yang mana keluaran dari tegangan searah (DC) tersebut dapat dirubah menjadi lebih besar atau lebih kecil. Konversi tegangan searah ini biasa disebut dengan DC Chopper [1]. Pada penerapannya DC Chopper bisa memungkinkan suatu sumber penghasil tegangan searah seperti baterai dapat dirubah keluarannya menjadi lebih besar agar bisa dimanfaatkan untuk berbagai perangkat elektronika sesuai kebutuhan[2].

Motor arus searah (DC) merupakan salah satu jenis motor yang sering digunakan dalam bidang industri, seperti conveyor, lift, dan lain sebagainya. Dikarenakan motor arus searah (DC) memiliki beberapa keunggulan, diantaranya torsi awal yang besar dan metode pengontrolan yang sederhana. Metode dalam pengatur kecepatan motor arus searah (DC)

salah satunya adalah menggunakan DC – DC converter. Ada berbagai macam jenis DC – DC converter, salah satunya yaitu *buck converter*[3]. Metode DC chopper dengan jenis *buck converter* merupakan jenis DC – DC konverter yang menurunkan tegangan dari suplai daya.

Penelitian mengenai pemanfaatan DC chopper jenis buck sudah dilakukan oleh beberapa peneliti, seperti pada penelitian[4] sistem penyimpanan energi listrik ke baterai menggunakan rangkaian *buck converter* yang dikontrol arduino dengan metode Pulse Width Modulation (PWM) untuk menurunkan dan menstabilkan tegangan sebesar 14,4 Volt sehingga tidak melewati ambang batas pengisian baterai yaitu 14,4 -15 VDC untuk menjaga baterai tidak cepat rusak.

Pada penelitian ini akan membuat suatu perancangan sistem pengendalian motor dc menggunakan *buck converter*. Penelitian ini menggunakan rangkaian elektronika daya DC chopper tipe *buck converter*. Pada rangkaian gate drive berfungsi sebagai penguat sinyal PWM yang dihasilkan mikrokontroler arduino uno menuju gate *buck* konverter. Dengan menggunakan teknik PWM dalam pengendalian *switching* pada rangkaian *buck converter*, maka nilai *duty cycle* dapat diatur untuk menentukan tegangan keluaran dari *buck converter*. Pengaturan *duty cycle* ini menggunakan kontrol potensiometer dalam mengatur setiap keluaran *duty cycle*.

STUDI PUSTAKA

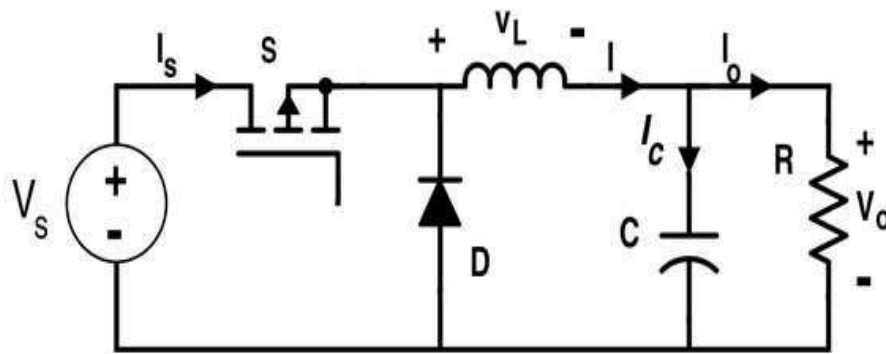
DC-DC Converter

“Dc-dc converters are power electronic circuits that convert a dc voltage to a different dc voltage level, often providing a regulated output”[3]. Pada dc-dc konverter, tegangan keluaran rata-rata harus diatur agar sesuai dengan yang diinginkan, meskipun terkadang tegangan *input* dan tegangan *output* berubah-ubah. Dc-dc konverter mode pensaklaran menggunakan satu atau lebih saklar (*switch*) untuk merubah dc-dc konverter dari tingkat satu ke tingkatan yang lain. Untuk dc-dc konverter dengan tegangan *input* yang diketahui sebelumnya, tegangan keluaran rata-rata dikontrol melalui pengaturan durasi yang dibutuhkan untuk saklar *on* dan *off* (t_{on} dan t_{off}).

Rangkaian dc-dc ini terbagi menjadi tiga tipe yaitu, rangkaian *buck converter* (penurun tegangan), rangkain *boost converter* (penaik tegangan), rangkaian *buck boost converter* (penaik dan penurun tegangan).

Buck converter

Buck converter adalah dc-dc converter jenis penurun tegangan atau step down. *Buck converter* mampu menghasilkan nilai tegangan output sama atau lebih rendah dari tegangan input-nya. *Buck converter* dapat menurunkan tegangan tanpa membutuhkan trafo. Karena hanya menggunakan satu buah semikonduktor, *buck converter* memiliki efisiensi yang tinggi.

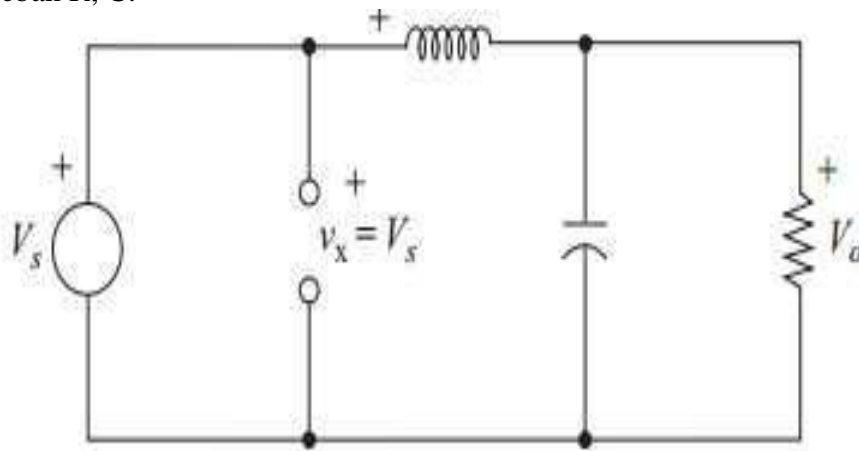


Gambar 1. Rangkaian Buck converter
(Aswardi, 2010)

Pada dasarnya prinsip kerja dari *buck converter* yaitu dengan mengguankan switch yang bekerja secara terus menerus (ON-OFF). Adapun dikenal dengan istilah PWM (Pulse Width Modulation) dan *Duty cycle* dalam mengendalikan kecepatan (frekuensi) kerja switch tersebut. Gambar 1 menjelaskan tentang switch pada *buck converter*. Kecepatan switch (dalam realisasinya) akan tergantung pada *Duty cycle* dan frekuensi yang digunakan.

Prinsip kerja dari *buck converter* ini terbagi menjadi dua mode yaitu:

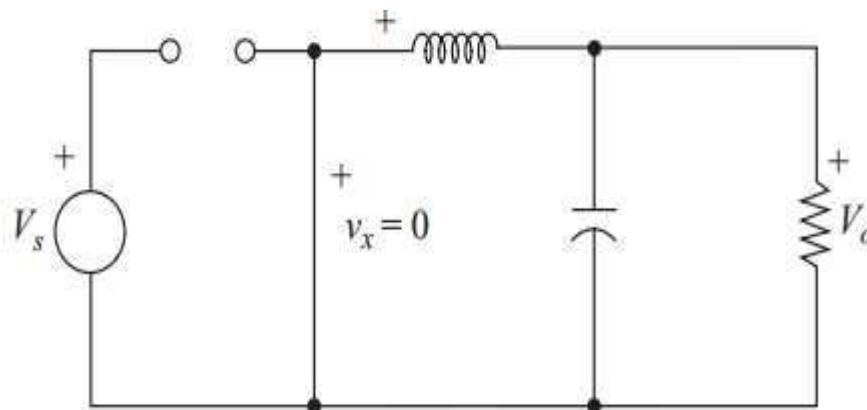
1. Mode 1 terjadi ketika switch S dalam keadaan on pada $t = 0$, dan dioda D dalam keadaan reverse bias. Keadaan Arus masukan yang meningkat mengalir melalui induktor L. Lansung mengalir ke beban R, C.



Gambar 2. Rangkaian Ekuivalen Mode 1
(Aswardi, 2010)

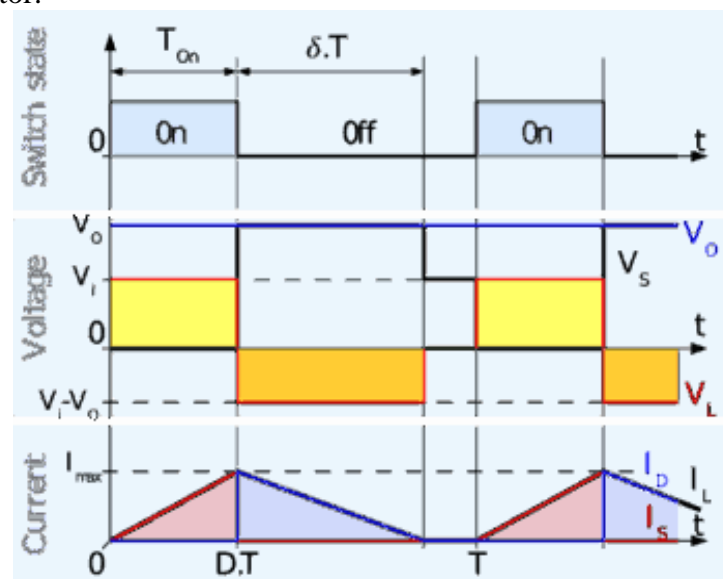
2. Mode 2 (saat switch off)

Mode 2 yaitu ketika switch S keadaan off dan $t = t_1$ sehingga dioda dalam keadaan forward bias. Arus akan mengalir melalui L, C, beban, dan diode maksimum D_m . Arus induktor akan turun sampai transistor di on-kan kembali pada siklus berikutnya. Energi yang tersimpan pada induktor L dipindahkan ke beban.



Gambar 3. Rangkaian Ekivalen Mode 2
(Aswardi, 2010)

Pada saat S di on-kan kembali maka arus pada induktor L akan meningkat dan energi yang tersimpan pada kapasitor C akan mengalir ke beban, sehingga aliran tegangan yang mengalir ke beban tidak akan pernah terputus/kontinyu. Gambar 2.3 menunjukkan bentuk gelombang tegangan dan arus yang mengalir di induktor. Pada saat S di on-kan kembali maka arus pada induktor L akan meningkat dan energi yang tersimpan pada kapasitor C akan mengalir ke beban, sehingga aliran tegangan yang mengalir ke beban tidak akan pernah terputus/kontinyu. Gambar 4 menunjukkan bentuk gelombang tegangan dan arus yang mengalir di induktor.



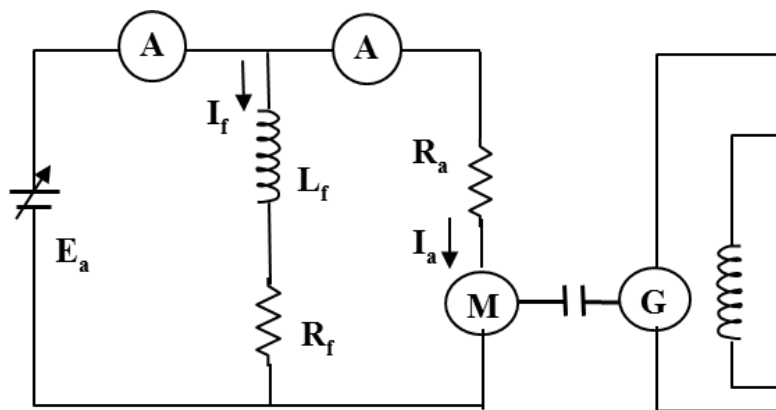
Gambar 4. Bentuk Gelombang Tegangan dan Arus beban
(Aswardi, 2010)

Motor DC

Motor arus searah (motor DC) adalah mesin yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanis. Sebuah motor listrik berfungsi untuk mengubah daya listrik menjadi daya mekanik. Pada prinsip pengoperasiannya, motor arus searah sangat identik dengan generator arus searah. Kenyataannya mesin yang bekerja sebagai generator arus searah akan dapat bekerja sebagai motor arus searah. Oleh sebab itu, sebuah mesin arus searah dapat digunakan baik sebagai motor arus searah maupun generator arus searah. Berdasarkan

fisiknya motor arus searah secara umum terdiri atas bagian yang diam dan bagian yang berputar.

Pada bagian yang diam (stator) merupakan tempat diletakkannya kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan fluksi magnet sedangkan pada bagian yang berputar (rotor) ditempati oleh rangkaian jangkar seperti kumparan jangkar, komutator dan sikat. Motor arus searah bekerja berdasarkan prinsip interaksi antara dua fluksi magnetik. Dimana kumparan medan akan menghasilkan fluksi magnet yang arahnya dari kutub utara menuju kutub selatan dan kumparan jangkar akan menghasilkan fluksi magnet yang melingkar. Interaksi antara kedua fluksi magnet ini menimbulkan suatu gaya sehingga akan menimbulkan momen puntir atau torsi.



Gambar 5. Motor DC Berbeban
(Aswardi, 2010)

PWM

PWM adalah singkatan dari *Pulse Width Modulation*. Pada Arduino, sinyal PWM adalah sinyal yang beroperasi pada frekuensi 500Hz (ini akan kita bahas pada paragraf selanjutnya). Pada board arduino Uno, pin yang bisa dimanfaatkan untuk PWM adalah pin yang diberi tanda tilde (~), yaitu pin 3, 5, 6, 9, 10, dan pin 11. Mungkin ada yang berpikir, bukankah pin-pin tersebut adalah pin analog? Ya! Pin-pin tersebut merupakan pin yang bisa difungsikan untuk input analog atau output analog. Oleh sebab itu, jika akan menggunakan PWM pada pin ini, bisa dilakukan dengan perintah `analogWrite()`;

PWM pada arduino bekerja pada frekuensi 500Hz, artinya 500 siklus/ketukan dalam satu detik. Untuk setiap siklus, kita bisa memberi nilai dari 0 hingga 255. Ketika kita memberikan angka 0, berarti pada pin tersebut tidak akan pernah bernilai 5 volt (pin selalu bernilai 0 volt). Sedangkan jika kita memberikan nilai 255, maka sepanjang siklus akan bernilai 5 volt (tidak pernah 0 volt). Jika kita memberikan nilai 127 (kita anggap setengah dari 0 hingga 255, atau 50% dari 255), maka setengah siklus akan bernilai 5 volt, dan setengah siklus lagi akan bernilai 0 volt. Sedangkan jika kita memberikan 25% dari 255 ($1/4 * 255$ atau 64), maka $1/4$ siklus akan bernilai 5 volt, dan $3/4$ sisanya akan bernilai 0 volt, dan ini akan terjadi 500 kali dalam 1 detik.

ARDUINO UNO

Arduino/Genuino Uno adalah papan mikrokontroler berdasarkan *ATmega328P* (datasheet). Ini memiliki 14 *digital pin input / output* (dimana 6 dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 *input analog*, kristal kuarsa 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header *ICSP* dan tombol *reset*. Ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler; hanya

menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau kekuasaannya itu dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk memulai. Anda dapat bermain-main dengan *UNO* Anda tanpa takut terlalu banyak tentang melakukan sesuatu yang salah, skenario terburuk Anda dapat mengganti chip yang untuk beberapa dolar dan mulai dari awal lagi.



Gambar 6. Arduino Uno

Spesifikasi pada Arduino Uno adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler : ATmega328
2. Tegangan Operasi : 5V
3. Tegangan *Input* (rekomendasi) : 7 - 12 V
4. Tegangan *Input* (batas) : 6-20 V
5. *Pin* digital I/O : 14 (6 diantaranya *pin* PWM)
6. *Pin* Analog *input* : 6
7. Arus DC per *pin* I/O : 40 mA
8. Arus DC untuk *pin* 3.3 V : 150 mA
9. *Flash Memory* : 32 KB dengan 0.5 KB digunakan untuk *bootloader*
10. SRAM : 2 KB
11. EEPROM : 1 KB
12. Kecepatan Pewaktuan : 16 Mhz

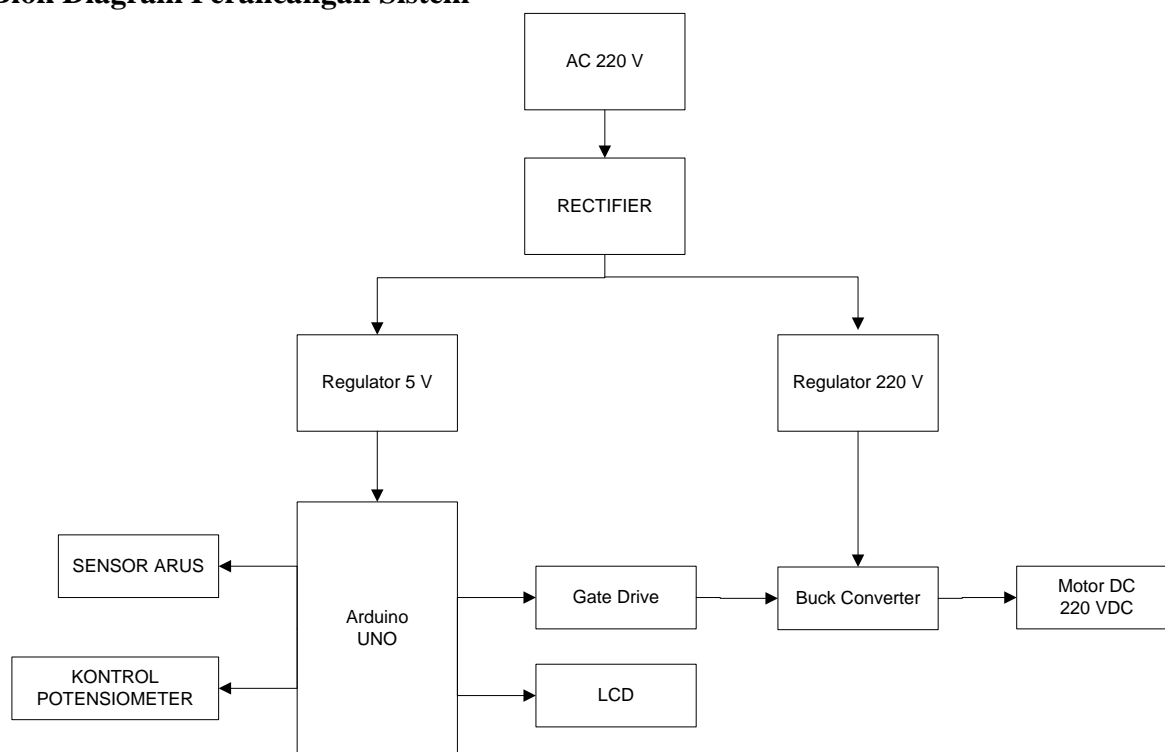
Bahasa pemrograman Arduino adalah bahasa C, bahasa C sudah dipermudah menggunakan fungsi-fungsi yang sederhana sehingga pemula pun bisa mempelajarinya dengan cukup mudah. Untuk membuat program arduino dan mengupload ke dalam board arduino, dengan menggunakan *software* Arduino IDE (Integrated Development Enviroment). Pada Arduino IDE juga dilengkapi dengan *serial* monitor yang dapat digunakan sebagai pengganti LCD.

Pada Arduino terdapat variabel, Variabel didefinisikan ekspresi yang digunakan untuk mewakili suatu nilai yang digunakan dalam program. Suatu variabel akan menampung nilai sesuai dengan definisi yang dibuat. Variabel terdapat 2 macam yaitu Variabel global dan variabel local. Variabel Global adalah variabel yang digunakan oleh semua fungsi dan instruksi dalam program. Sedangkan variabel local adalah variabel yang didefinisikan suatu fungsi didalam fungsi loop. Variabel ini hanya dapat dilihat dan digunakan dalam fungsi tersebut. Tipe data dari variabel terdiri dari 4 macam yaitu tipe data byte, tipe data int, tipe data long dan tipe data float.

METODE

Dalam pembuatan tugas akhir ini digunakan rujukan dalam proses pembuatan alat yang dapat berkerja dalam pengendalian motor dc menggunakan *buck converter* berbasis Aduino Uno.

Blok Diagram Perancangan Sistem



Gambar 7. Blok Diagram

Blok diagram sistem pada Gambar 7 terdiri dari beberapa bagian dan memiliki fungsi masing – masing dari bagian tersebut. Berikut penjelasan untuk masing – masing bagian pada blok diagram diatas :

- AC 220 V : Tegangan sumber dari pln 220 volt. Tegangan inilah yang akan menjadi supply awal untuk rangkaian *buck* Konverter.
- Rectifier : berfungsi sebagai penurun tegangan dari sumber PLN 220 V sekaligus pengkonversi dari tegangan AC menjadi DC agar bisa digunakan oleh setiap komponen yang terdapat pada tugas akhir ini. Keluaran rectifier ini menjadi 5 volt dan 12 volt.
- Gate drive : berfungsi untuk menswitching mosfet pada DC-DC konverter.
- Arduino Uno : berfungsi sebagai pengolah input dari sensor arus ACS712, input kontrol potensiometer sekaligus pengolah output berupa kendali pada motor dc
- Potensiometer : berfungsi sebagai kontrol untuk mengatur besar kecilnya *duty cycle* yang digunakan untuk menghasilkan tegangan sesuai yang diinginkan.
- Motor DC : berfungsi sebagai penggerak yang digunakan untuk sebagai penggerak.
- Sensor arus ACS712 : berfungsi sebagai pendeteksi arus yang masuk ke motor.
- LCD : berfungsi sebagai penampil pengukuran sensor arus dan untuk melihat nilai *duty cycle*.
- Buck Converter : berfungsi sebagai rangkaian DC-DC converter sebagai penurun tegangan.

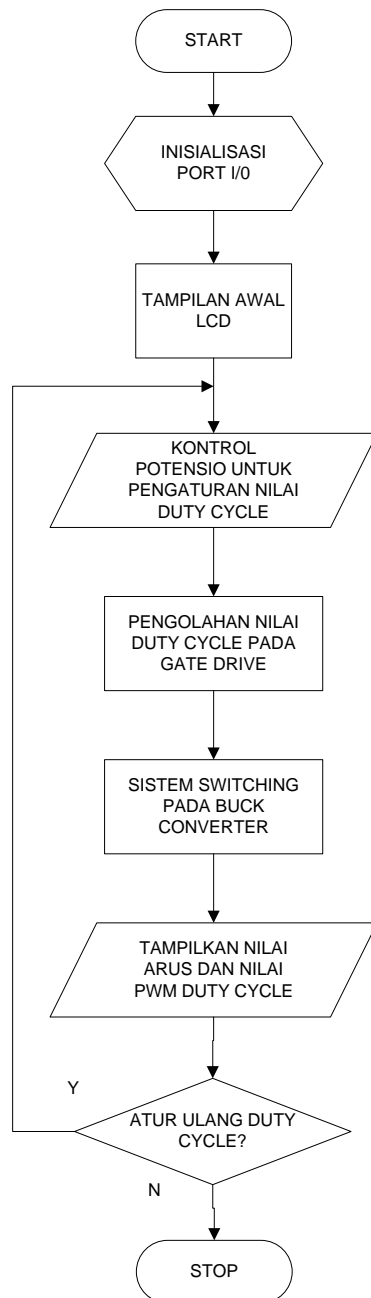
Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja alat secara keseluruhan dimulai dengan sumber PLN 1 fasa 220VAC. Tegangan kemudian diturunkan dan disearahkan oleh transformator jenis step-down menjadi 5VDC dan 12VDC. Untuk tegangan 5VDC digunakan sebagai penyuplai tegangan untuk arduino uno, kontrol dengan potensio, dan rangkaian gate drive. Untuk tegangan 12 VDC digunakan sebagai penyuplai tegangan untuk rangkaian *buck converter*.

Rangkaian *buck* konverter ini menggunakan MOSFET sebagai komponen switching nya. Untuk mengaktifkan gate MOSFET digunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai kontrol pengaturana besar kecilnya nilai *duty cycle* yang akan di inputkan ke gate MOSFET rangkaian *buck* konverter sekaligus sebagai pengatur keluaran dari tersebut. Pada rangkaian ini kontrol pengaturan besar kecilnya *duty cycle* menggunakan potensiometer.

Rangkaian gate drive berfungsi sebagai penguat sinyal PWM yang dihasilkan mikrokontroler Arduino Uno menuju gate mosfet rangkaian *buck converter*. Dengan menggunakan teknik PWM dalam pengendalian switching pada rangkaian *buck* konverter, maka nilai *duty cycle* dapat diatur untuk menentukan nilai keluaran dari *buck* konverter.

Flowchart

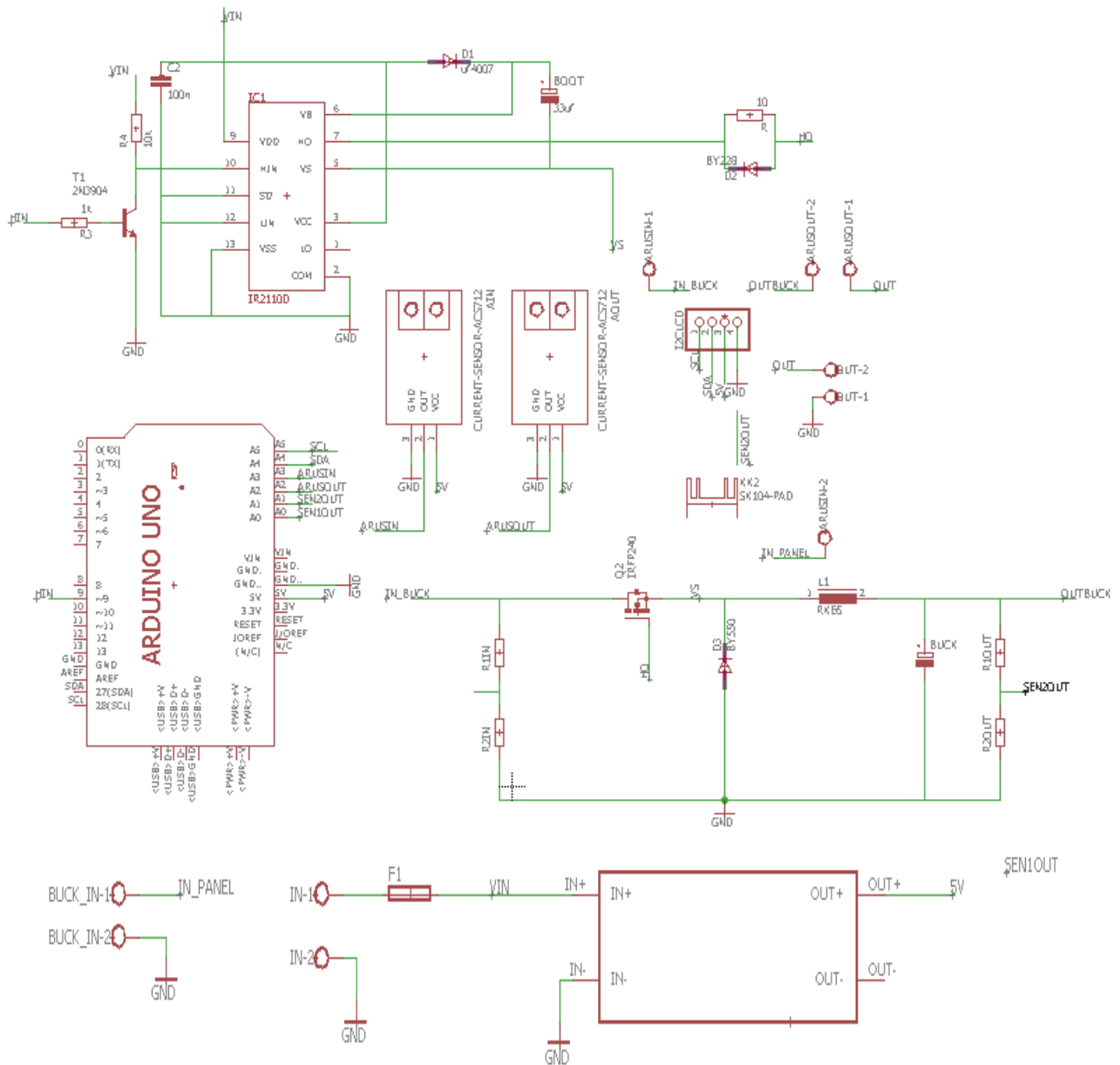


Gambar 8. Flowchart

Flowchart alat dapat dilihat pada Gambar 8. Pada saat alat dihubungkan dengan sumber tegangan PLN melalui *power supply* maka arduino akan memulai untuk menginisialisasi *port I/O*. Setelah itu menampilkan output tampilan awal LCD. Selanjutnya kontrol potensio untuk mengatur lebar pulsa PWM. Hasil dari *duty cycle* akan diolah pada rangkaian gate drive. Selanjutnya dari gate drive akan menswitching *buck converter*. Semakin tinggi *duty cycle* maka kecepatan motor dc akan semakin cepat.

Perancangan Rangkaian Keseluruhan

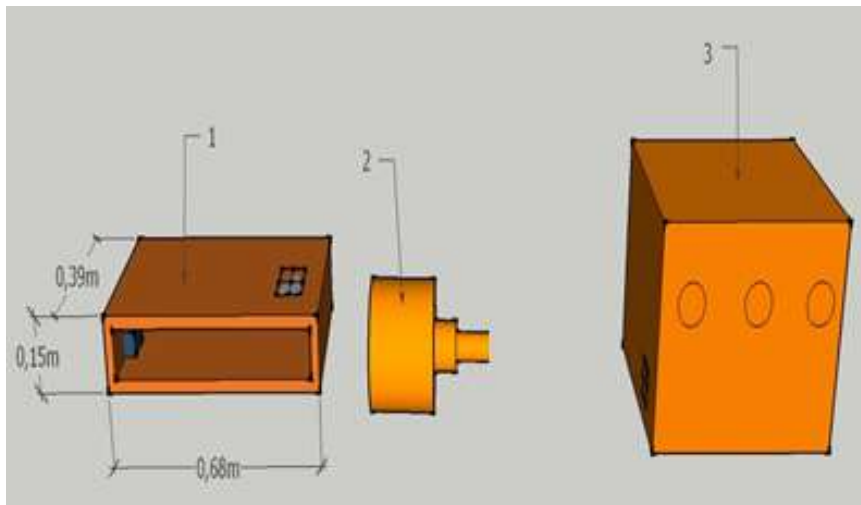
Pada rangkaian keseluruhan memperlihatkan semua rangkaian-rangkaian yang digunakan pada Sistem Pengendalian Motor DC menggunakan *buck converter* berbasis Arduino Uno. Bentuk rangkaian keseluruhan seperti yang terlihat pada Gambar 9 .



Gambar 9. Rancangan Keseluruhan Alat

Perancangan Alat

Perancangan *hardware* merupakan suatu tahapan atau proses dalam pembuatan suatu perangkat keras. Perancangan *hardware* bertujuan untuk memudahkan serta mengurangi tingkat kesalahan dalam membuat perangkat keras sehingga mendapatkan hasil yang optimal. Perancangan *hardware* merupakan hal yang sangat penting dalam pembuatan tugas akhir ini. Karena dengan adanya *hardware* dan *software* barulah sistem dapat diuji secara nyata apakah alat ini dapat bekerja dengan baik atau tidak. Berikut ini merupakan gambaran sketsa pembuatan alat pada Gambar 10.



Gambar 10. Rancangan Alat tampak depan

Keterangan gambar :

1. Box alat berfungsi sebagai tempat untuk diletakkan rangkaian keseluruhan dengan ukuran Panjang : 68 cm.
Lebar: 39 cm.
Tinggi : 15 cm.
2. Motor DC.
3. Power Pack sebagai input tegangan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengujian rangkaian *buck converter* pada motor dc dengan spesifikasi motor DC 220 V 2kW 1400 r/min dilakukan dengan memberikan tegangan input 220 volt ke masukan rangkaian *buck converter* dengan mengatur variasi nilai *duty cycle* 1,97 % - 63,6 %.. Dengan pengujian tanpa beban.

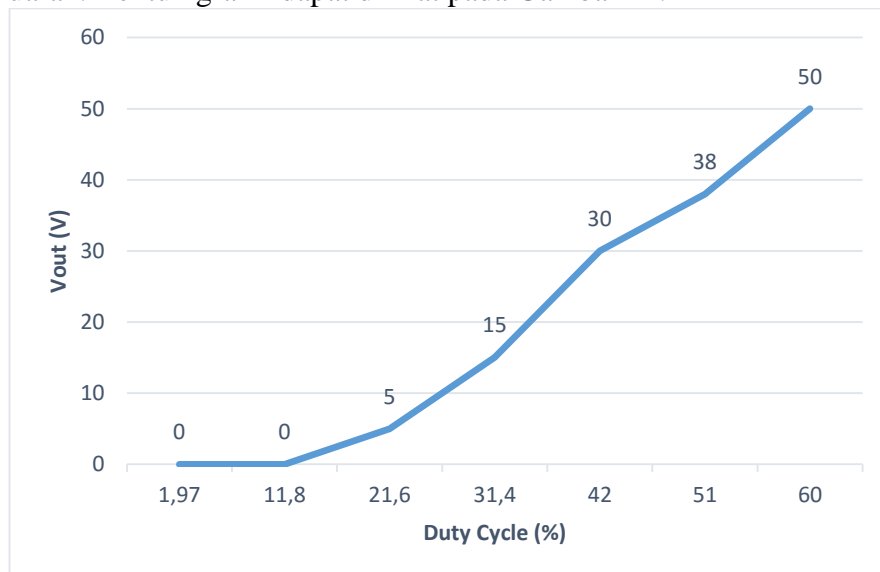
Tabel 1. Hasil Pengujian Rangkaian *buck converter* pada Motor DC

Vin (V)	PWM <i>Duty cycle</i> (%)	Vout (V) TP 1	Kecepatan Motor (RPM) TP2	Iout (A) TP3
220	1,97	0	0	0
220	11,8	0	25	0,1
220	21,6	5	50	0,2
220	31,4	15	100	0,2
220	42	30	200	0,2
220	51	38	300	0,22
220	60	50	350	0,24
220	63,6	50	400	0,27

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa hasil dari pengukuran yang diperoleh sudah sesuai dengan karakteristik DC-DC konverter tipe *buck* konverter dimana hubungan antara *duty cycle* dengan tegangan keluaran berbanding lurus , semakin besar nilai *duty cycle*, maka semakin besar pula nilai tegangan keluaran.

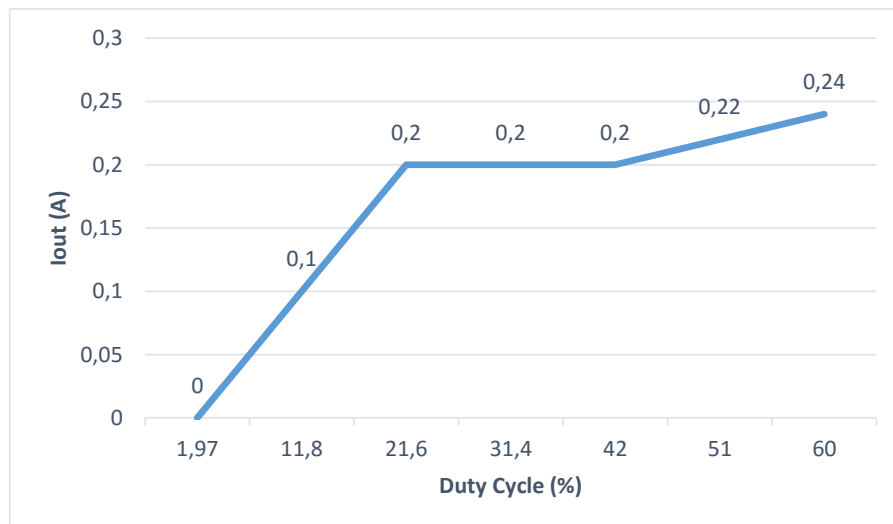
Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa semakin besar PWM *Duty cycle* maka kecepatan motor semakin cepat dengan pengukuran menggunakan tachometer. Dari pengujian saat *duty cycle* 63,6 % didapatkan tegangan keluaran 50 volt , kecepatan putar motor 400 rpm dan arus keluaran 0,27 amper.

Berdasarkan Tabel 1, maka dapat dibuat grafik perbandingan antara *duty cycle* dengan tegangan keluaran. Bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik perbandingan *duty cycle* dengan tegangan keluaran

Berdasarkan Gambar 11 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai *duty cycle* maka semakin besar pula nilai tegangan keluaran. Berdasarkan Tabel 1, maka dapat dibuat grafik perbandingan antara *duty cycle* dengan arus keluaran. Bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik perbandingan *duty cycle* dengan arus keluaran

Berdasarkan Gambar 12 menunjukkan bahwa semakin besar *duty cycle*, semakin tinggi pula nilai arus keluarannya.

PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem pengendalian motor dc menggunakan *buck converter* dapat berkerja sesuai dengan karakteristik DC-DC *converter* tipe *buck converter* dengan hubungan antara *duty cycle* dengan tegangan keluaran berbanding lurus, semakin besar nilai *duty cycle*, maka semakin besar pula nilai tegangan keluaran. Dengan hasil pengukuran *buck converter* dengan *duty*

cycle 63,3% yang menghasilkan tegangan keluaran 50 volt, arus keluaran 0.27 amper dan kecepatan putar motor 400 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pramufdita, Andana. "Perancangan PWM Digital Konverter Boost Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535", Universitas Negeri Padang, Padang, 2018.
- [2] Harseslina, Dwi. "Perancangan Boost Konverter", Universitas Negeri Padang, Padang, 2018.
- [3] Hart, Daniel W, "Power Electronics," The McGraw-Hill Companies, Indiana, Valparaiso University, 2011.
- [4] Enang Edovidata, Hafelzan dan Aswardi. "Perancangan Sistem Pengisian Accumulator Motor Listrik dengan Sumber Listrik Solar Cell Berbasis Mikrokontroler". *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, (hlm 57-68). Padang : Teknik Elektro FT Universitas Negeri Padang, 2020.
- [5] Aswardi. Modul Elektronika Daya. Padang : Teknik Elektro FT Universitas Negeri Padang, 2010.
- [6] M. H. Rashid. *Power Electronics: Circuit, Devices and Applications*. Prentice Hall, 2001.

Biodata Penulis

Fajar Wahid Azhari, lahir di Bukittinggi, 18 Oktober 1994. Menyelesaikan studi DIV Teknik Elektro Industri pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.^[1]

Dr. Aswardi, M.T, dilahirkan di Kubang Putih, 21 Februari 1959. Menyelesaikan studi S1 di Jurusan Pendidikan Kejuruan IKIP Padang tahun 1983. Pendidikan S2 Jurusan Teknik Elektro di Institut Teknologi Bandung (ITB) tahun 1999. Sekarang menjadi staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang.^[2]