

Implementasi Kendali Tegangan Output Buck Converter Berbasis Simulink Matlab

Ari Anggawan¹, Muldi Yuhendri²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang, 35132, Indonesia
arianggawan12@gmail.com¹, muldiy@ft.unp.ac.id²

Abstract—The rapid development of technology to date has made many electrical and electronic equipment that require a direct current (dc) voltage source whose output voltage can be adjusted to the needs of the user. *There are several direct voltage levels that are commonly used by electrical and electronic equipment. To get a direct voltage that can be used for various equipment, a direct voltage source is needed which can be automatically varied according to need is required. One way to convert a dc voltage source to a lower dc voltage source is by using a buck converter circuit. This study designed a buck type direct current converter is proposed to use the Arduino uno as a PWM signal generator circuit to control to control the 24 volt input voltage. The converter output voltage regulation is implemented through a potentiometer and Arduino programming using the simulink Matlab.* In this research, a buck converter is tested with output voltage feedback so that the output voltage remains stable. *The result of the test that have been carried out show that the buck converter designed in this study has worked well in accordance with objectives. This can be seen from the buck converter output voltage that is in accordance with the reference voltage using a potentiometer that is included in the simulink Matlab program.*

Keywords— Buck converter, dc voltage, arduino, matlab simulink.

Abstrak—Pesatnya perkembangan teknologi sampai saat ini membuat banyak peralatan listrik maupun elektronik yang membutuhkan sumber tegangan searah atau *direct current* (dc) yang tegangan keluarannya dapat disesuaikan dengan kebutuhan pemakai. Ada beberapa level tegangan searah yang umum digunakan oleh peralatan listrik maupun elektronik. Untuk mendapatkan tegangan searah yang bisa dipakai untuk berbagai peralatan, maka dibutuhkan sumber tegangan searah yang secara otomatis dapat divariasikan sesuai dengan kebutuhan. Untuk mengkonversikan sumber tegangan dc ke sumber tegangan dc yang lebih rendah salah satu caranya yaitu dengan menggunakan rangkaian konverter *buck*. Penelitian ini merancang konverter arus searah tipe *buck* yang dapat menurunkan tegangan searah dengan *output* yang bervariasi. Konverter *buck* dirancang menggunakan Arduino uno sebagai rangkaian pembangkit sinyal PWM untuk mengendalikan tegangan input 24 volt. Pengaturan tegangan *output* konverter di terapkan melalui sebuah potensiometer serta pemrograman Arduino menggunakan simulink Matlab. Pada penelitian ini dilakukan pengujian konverter *buck* dengan umpan balik tegangan keluaran agar tegangan keluaran tetap stabil. Hasil pengujian yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa konverter *buck* yang dirancang dalam penelitian ini telah bekerja dengan baik sesuai dengan tujuan. Hal ini dapat dilihat dari tegangan *output* konverter *buck* yang telah sesuai dengan tegangan referensi menggunakan potensiometer yang dimasukkan dalam program simulink Matlab.

Kata kunci— Konverter *buck*, tegangan dc, arduino uno, simulink matlab.

I. PENDAHULUAN

Sumber energi yang banyak digunakan dalam peralatan sehari-hari yaitu energi listrik. Mulai dari skala kecil seperti untuk kebutuhan rumah tangga hingga kebutuhan skala besar sebagai sumber energi bagi industri. Pembangkit-pembangkit tenaga listrik yang menghasilkan energi listrik pun harus sesuai dengan standar kelistrikan yang dibutuhkan beban. Standar tegangan dan frekuensi merupakan bagian yang harus diperhatikan. Untuk standar tegangan, ada dua jenis tegangan yang biasa digunakan untuk berbagai keperluan, yaitu tegangan bolak-balik atau disebut juga dengan *alternating current* (ac) dan tegangan searah atau *direct current* (dc)[1].

Dalam bidang elektronika daya telah banyak teknologi yang berkembang untuk menghasilkan ketersediaan suplai tegangan searah (dc), dimana keluaran dari tegangan searah (dc) ini bisa diubah-ubah menjadi lebih kecil dan lebih besar. Proses konversi tegangan searah ini dikenal sebagai *DC Chopper* [2]-[3]. Pada pengaplikasiannya sebuah sumber penghasil tegangan searah seperti baterai dan panel surya dapat dirubah keluarannya menjadi lebih kecil atau lebih besar dengan sebuah *DC Chopper* agar dapat dimanfaatkan untuk berbagai perangkat elektronika sesuai keperluan[4].

Sesuai dengan tegangan keluaran yang dihasilkan, konverter dc-dc bisa dibagi atas konverter *buck* untuk memperoleh tegangan yang lebih kecil dari tegangan masukan, konverter *boost* untuk memperoleh tegangan keluaran yang lebih besar dari tegangan masukan dan

konverter *buck-boost* yang mampu menaikkan dan menurunkan tegangan sehingga tegangan keluarannya bisa lebih kecil dan lebih besar dari tegangan masukkan [5]-[6]. Pada konverter dc-dc ini terdapat dua komponen filter yaitu induktor dan kapasitor yang bertugas memperhalus tegangan dan arus keluaran[7].

Penelitian tentang penggunaan DC Chopper jenis *buck* telah dilakukan beberapa peneliti, seperti pada penelitian sistem penyimpanan energi listrik ke baterai menggunakan rangkaian *buck* konverter yang menggunakan Arduino sebagai kontroler dengan metode pulse Width Modulation (PWM)[8], untuk menurunkan dan menstabilkan tegangan sebesar 14,4 Volt sehingga tidak melewati ambang batas pengisian baterai yaitu 14,4 – 15 VDC untuk menjaga baterai agar tidak cepat rusak.

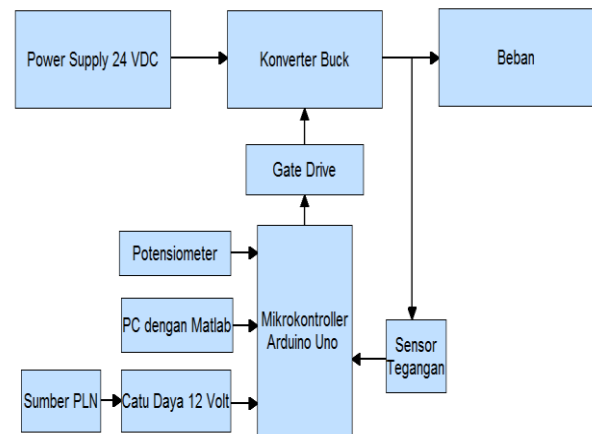
Pada penelitian ini dirancang konverter *buck* untuk menghasilkan tegangan keluaran dc yang bervariasi dengan tegangan masukkan dc 24 volt. Konverter *buck* dirancang untuk menghasilkan tegangan yang lebih kecil dari tegangan masukkan. Tegangan keluarannya yaitu berkisar antara 6 – 18 Volt, dimana tegangan keluaran konverter buck ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber tegangan peralatan elektronik maupun mesin listrik.

Nilai duty cycle pulsa modulasi (PWM) sakelar daya konverter menentukan tegangan keluaran konverter *buck*. Agar tegangan keluaran yang dihasilkan sesuai dengan keinginan, maka duty cycle ini harus diatur[9][10]. Pada penelitian ini, pengaturan tegangan keluaran konverter *buck* dirancang menggunakan metode penguatan proporsional. Penerapan dari metode kontrol ini membutuhkan perangkat mikrokontroler. Beberapa mikrokontroler yang telah diterapkan untuk konverter *buck* antara lain mikrokontroler Atmega[11] dan Arduino[12]-[13]. Mikrokontroler yang digunakan untuk konverter *buck* dalam penelitian adalah board arduino uno. Pemilihan mikrokontroler ini dikarenakan penggunaannya lebih mudah. Biasanya arduino ini diprogram dengan software Arduino Integrated Development Environment (IDE). Arduino pada penelitian ini diprogram dengan software simulink Matlab. Simulink Matlab dipilih karena lebih mudah digunakan untuk mendesain sistem kendali.

II. METODE

Penelitian ini merancang implementasi konverter *buck* untuk mendapatkan tegangan dc yang bervariasi. Konverter *buck* dirancang dengan tegangan input 24 volt dan tegangan *output* antara 6-18 volt. Kendali tegangan *output* konverter *buck* dirancang menggunakan metode penguatan proporsional yang diimplementasikan dengan Arduino yang di program dengan software simulink Matlab. Rancangan konverter *buck* yang diusulkan dalam penelitian ini dijabarkan menggunakan blok diagram.

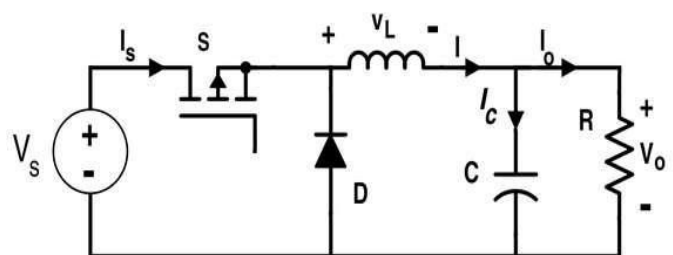
Blok Diagram



Gambar 1. Blok diagram

Dari blok diagram pada gambar 1 dapat dilihat bahwa catu daya yang digunakan sebagai penyearah 12 VDC mendapatkan sumber tegangan 220 VAC dari PLN. Tegangan 12 VDC yang dihasilkan catu daya disuplai ke rangkaian *gate drive* dan juga sebagai sumber tegangan mikrokontroler Arduino uno. Mikrokontroler Arduino sebagai pusat kendali menerima input dari potensiometer yang digunakan sebagai masukkan tegangan output referensi, dan input dari sensor tegangan untuk mengukur tegangan keluaran konverter *buck* yang digunakan Arduino sebagai feedback kendali tegangan arduino. *Gate driver* digunakan sebagai *switching* mosfet pada rangkaian konverter buck dimana *gate driver* mendapatkan sinyal Pulsa PWM yang dari mikrokontroler Arduino. Rangkaian konverter buck bekerja menurunkan tegangan 24 VDC yang dari tegangan *input power supply* DC, dimana tegangan output buck tersebut diberi beban sebuah resistor dengan nilai 45 ohm.

Tegangan *output* Konverter *buck* ditentukan oleh nilai waktu *switching* dari sakelar daya konverter *buck*, waktu *switching* saklar daya ini diatur dengan metode pulse width modulation (PWM). Waktu *switching* sakelar pada PWM ini ditentukan oleh lebar pulsa modulasi, dimana lebar pulsa tersebut ditentukan oleh *duty cycle* [14]. Sakelar daya yang digunakan konverter *buck* adalah mosfet. Gambar 2 menunjukkan skema konverter *buck* yang dirancang,



Gambar 2. skema rangkaian konverter *buck*[15]

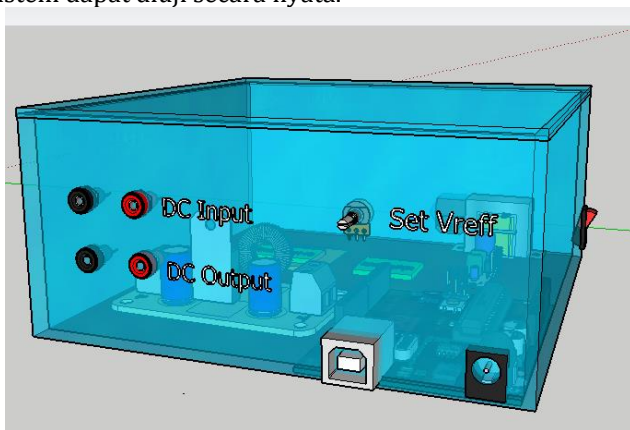
Gambar 2 menunjukkan skema rangkaian konverter *buck* yang terdiri dari mosfet, diode, induktor dan kapasitor, konverter *buck* bekerja berdasarkan konsep pengisian dan pengosongan induktor dan kapasitor pada rangkaian tersebut. Pengisian dan pengosongan kedua komponen tersebut ditentukan oleh waktu *switching* dari sakelar daya dimana waktu *switching* ini ditentukan oleh *duty cycle*, Hubungan tegangan *output* konverter *buck* dengan *duty cycle* ditunjukkan dengan rumus:

$$V_{out} = V_{in} \cdot D \quad (1)$$

Dimana D merupakan *duty cycle* sedangkan V_{out} dan V_{in} merupakan tegangan *output* dan teganan input konverter. Pada persamaan (1) di tunjukkan bahwa tegangan *output* konverter *buck* berbanding lurus dengan nilai *duty cycle*. peningkatan nilai *duty cycle* yang diberikan membuat tegangan yang dikeluarkan semakin besar. *Duty cycle* ini yang akan memodulasi sakelar daya konverter.

Perancangan Hardware

Perancangan hardware merupakan bagian yang sangat penting dalam pembuatan konverter *buck* ini, karena merupakan suatu tahapan dalam pembuatan alat. Agar saat proses pengerjaan tingkat kesalahan dapat dikurangi dan mempermudah dalam proses pembuatan alat tersebut. Dengan adanya perancangan hardware ini barulah kinerja sistem dapat diuji secara nyata.



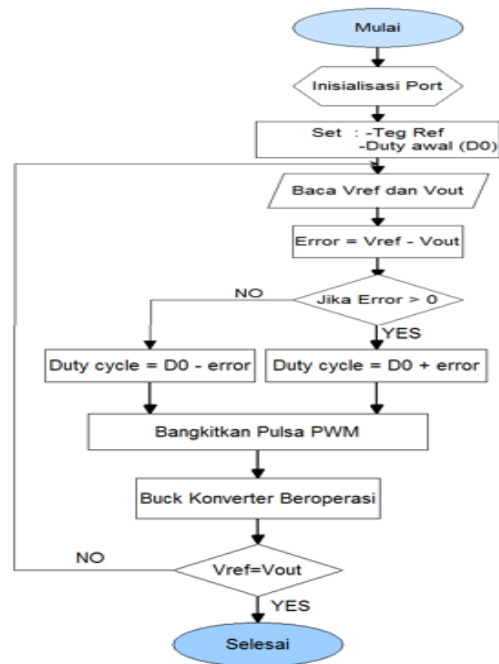
Gambar 3. Rancangan *hardware*

Gambar 3 memperlihatkan hardware rangkaian konverter *buck* yang dibuat pada penelitian ini. Disisi depan terdapat dua pasang port sebagai terminal DC input dan output, serta sebuah potensiometer yang digunakan sebagai setting tegangan output referensi dan terdapat port usb jack yang digunakan untuk transfer data dari komputer ke Arduino dan sebaliknya.

Perancangan Software

Untuk mendapatkan pulsa PWM konverter *buck* yang sesuai dengan tegangan *output* yang diinginkan, maka dilakukan proses pemrograman Arduino dengan simulink

Matlab dengan alur yang ditunjukkan oleh diagram alir pada gambar 4. Pemrograman Arduino dengan simulink Matlab dimulai dengan inialisasi port *input* dan *output* Arduino pada Simulink. Selanjutnya dilakukan pembuatan blok-blok program, seperti blok Analog *input* untuk memasukkan nilai tegangan *output* referensi yang diinginkan, blok *lookup table* untuk mengkonversikan nilai *duty cycle*. Blok saturation untuk membatasi nilai *duty cycle* yang diizinkan, blok *output* PWM untuk mengkonversikan nilai *duty cycle* menjadi pulsa PWM dan blok scope untuk menampilkan grafik tegangan referensi dan tegangan *output* yang terbaca oleh sensor tegangan. Blok *output* PWM berisikan nomor pin PWM Arduino yang digunakan serta frekuensi *switching* dari PWM. Frekuensi *switching* yang digunakan untuk modulasi sakelar daya konverter dirancang sebesar 31 kHz, sedangkan pin PWM yang digunakan adalah pin 9. Pin 9 ini kemudian dihubungkan dengan rangkaian *driver gate*, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.



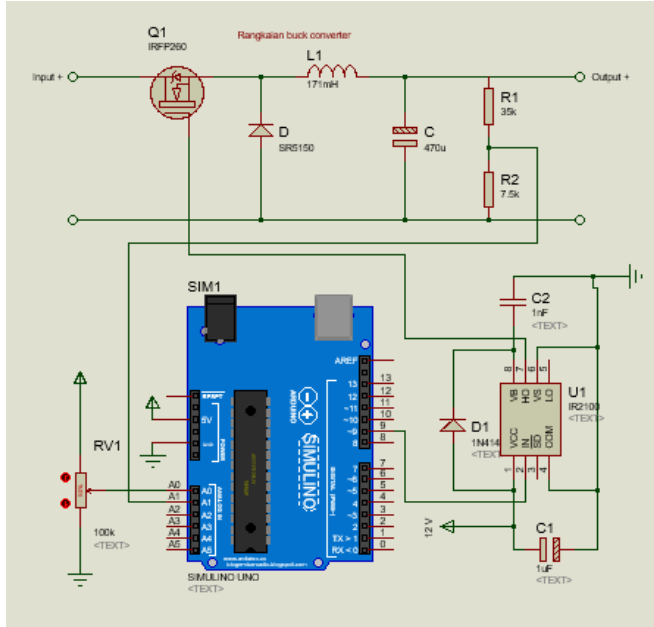
Gambar 4. Diagram alir pemrograman Arduino

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah selesai membuat program Arduino menggunakan simulink, selanjutnya dilakukan pengujian alat. Dalam pengujian ini, konverter dihubungkan dengan beban resistor. Untuk melihat grafik tegangan *input* dan pwm Arduino digunakan osiloskop digital, sedangkan untuk melihat grafik tegangan *output* dan tegangan referensi digunakan blok *scope* yang ada dalam Simulink Matlab.

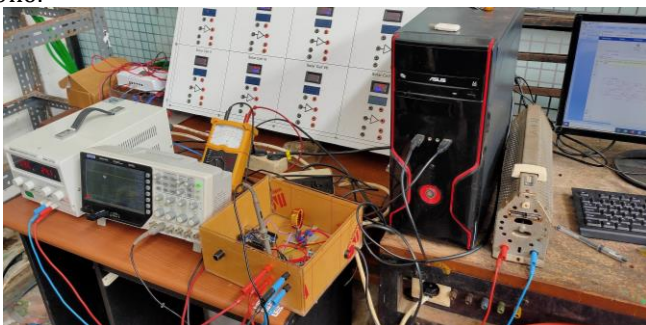
Rangkaian Keseluruhan

Rangkaian keseluruhan adalah suatu perancangan komponen elektronik, dengan adanya penjelasan dari diagram blok yang dapat memberikan kemudahan dalam mengetahui prinsip kerja dari alat secara keseluruhan, dan juga sebagai petunjuk dalam menganalisa jika terjadi kesalahan pada alat secara keseluruhan



Gambar 5. skema rangkaian konverter buck dengan Arduino

Dalam penelitian ini, pulsa PWM dibangkitkan melalui pin PWM Arduino uno yang di program dengan menggunakan software simulink Matlab. Pin PWM Arduino ini dihubungkan dengan rangkaian driver gate yang berfungsi menaikkan level tegangan output pin PWM arduino sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan pin gate Mosfet. Gambar 5 menunjukkan skema rangkaian konverter buck yang terhubung dengan mikrokontroler Arduino Uno.



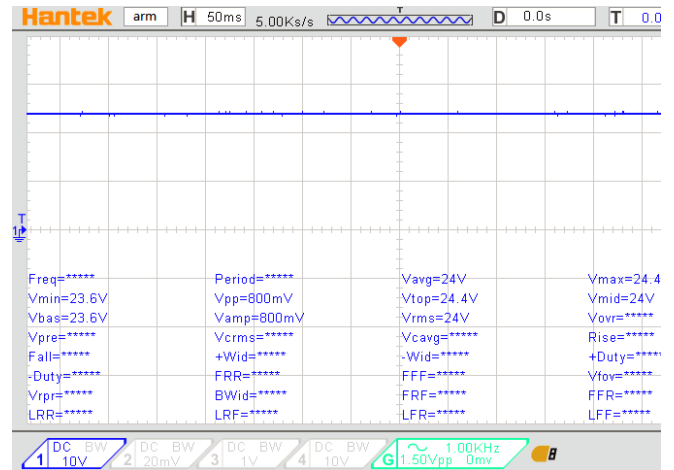
Gambar 6. Rangkaian pengujian alat

Seperti yang terlihat pada gambar 6, Dalam pengujian konverter buck ini dibutuhkan beberapa peralatan pendukung diantaranya yaitu osiloscope digital, power supply digital, resistor geser sebagai dummy load dan

sebuah PC yang dilengkapi software simulink matlab yang akan digunakan untuk memprogram arduino.

Pengujian Tegangan input

Konverter buck yang dirancang dalam penelitian ini diuji dengan tegangan input 24 Volt yang diambil dari power supply digital, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 6. Pengujian tegangan input dilakukan untuk memastikan tegangan yang keluar dari power supply sudah sama dengan tegangan input yang diinginkan untuk input alat ini.

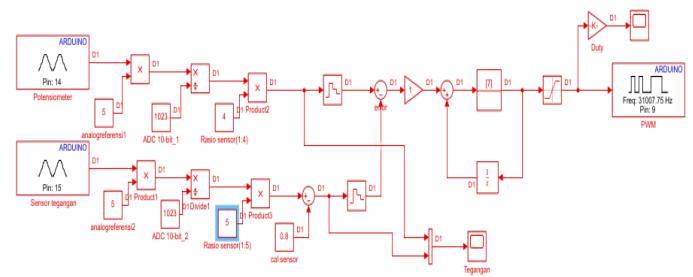


Gambar 7. Tegangan input konverter buck

Gambar 7 menunjukkan grafik tegangan input konverter buck yang di plot menggunakan osiloskop digital dengan skala 10 V/div, terlihat tegangan input konverter buck yang terbaca oleh osiloskop adalah 24 volt.

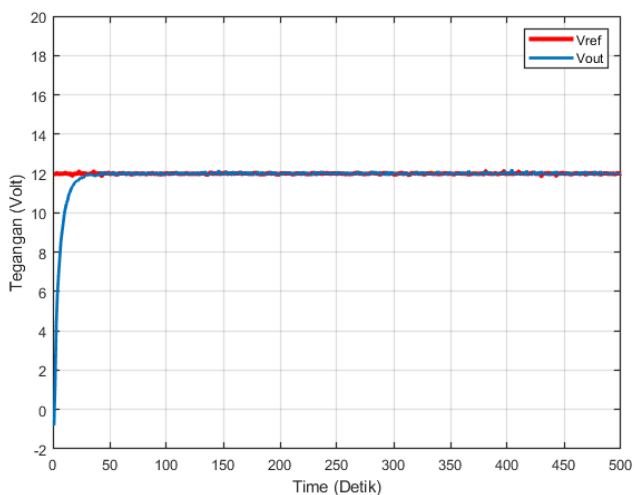
Pengujian Software

Konverter buck diuji dengan tegangan output referensi sesuai dengan tegangan yang digunakan pada umumnya, yaitu 6 Volt, 12 Volt, 15 Volt dan 18 Volt. Tegangan output referensi ini diterapkan melalui potensiometer yang terhubung dengan port analog input mikrokontroler Arduino uno. Gambar 8 menunjukkan tampilan program konverter buck yang dibuat dalam simulink Matlab dengan sebuah feedback dari sensor tegangan.



Gambar 8. Program konverter buck dalam simulink Matlab

Dapat terlihat pada program yang di buat dalam simulink Matlab, terdapat 2 buah blok analog input dimana analog input tersebut masing- masing terhubung dengan sebuah potensiometer dan sebuah sensor tegangan pada pin Analog Arduino. Selanjutnya sebuah blok PWM digunakan untuk membangkitkan pulsa PWM pada pin 9 mikrokontroler Arduino uno. Gambar 9 menunjukkan grafik tegangan *output* referensi dengan nilai 12 volt dan grafik tegangan *output* yang terbaca oleh sensor tegangan.



Gambar 9. Grafik tegangan *output* referensi dan tegangan *output* yang terbaca sensor

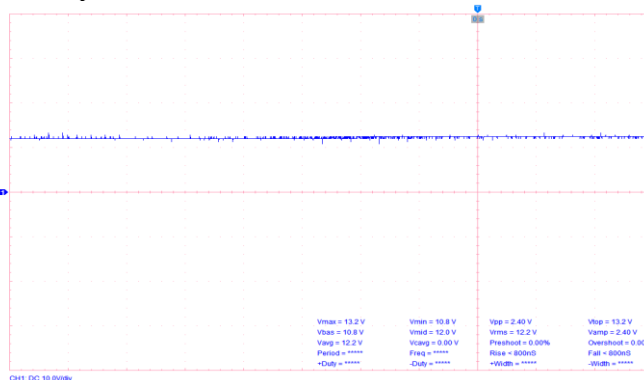
Gambar 9 menunjukkan bahwa tegangan *output* yang terbaca oleh sensor sesuai dengan tegangan *output* referensi yang di set menggunakan potensiometer. Berikutnya merupakan bentuk gelombang PWM yang dihasilkan oleh pin 9 arduino uno.



Gambar 10. Grafik gelombang PWM untuk tegangan 12 volt

Pulsa PWM yang dihasilkan pin PWM Arduino seperti ditunjukkan oleh Gambar 10 diatas telah sukses menghasilkan tegangan *ouput* sebesar 12.2 Volt. Nilai

tersebut sudah mendekati tegangan *output* referensi sebesar 12 volt yang di set oleh potensiometer. Gambar 11 menunjukkan tegangan *output* konverter *buck* yang diukur menggunakan osiloskop digital dengan skala grafik 10 volt/div. tegangan *output* konverter yang terbaca oleh osiloscope adalah 12.2 volt.



Gambar 11. Tegangan *ouput* konverter *buck* dengan set tegangan referensi 12 volt.

Berdasarkan hasil pengujian ini terlihat bahwa tegangan *output* konverter telah sesuai dengan tegangan *output* referensi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa konverter *buck* yang dibuat dalam penelitian ini telah bekerja dengan baik sesuai dengan perencanaan. Hasil yang serupa juga didapatkan pada pengujian lainnya dengan tegangan *output* referensi yang berbeda. Tabel 1 menunjukkan ringkasan hasil pengujian konverter *buck* yang dibuat.

TABEL 1. HASIL PENGUJIAN

NO	Tegangan Output (Volt)		Duty cycle (%)
	Referensi	Pengukuran	
1	6	6.1	26
2	12	12.2	51
3	15	15	60
4	18	17.8	80

Hasil pengujian konverter *buck* yang diperlihatkan dalam Tabel 1 menunjukkan bahwa konverter *buck* yang dibuat telah beroperasi dengan baik, dimana tegangan *output* yang diperoleh sudah mendekati atau sama dengan tegangan *output* referensi yang diinginkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa error maksimum *output* hanya 0.2 Volt yakni saat pengujian dengan tegangan *output* referensi 18 volt dan 12 volt. Hasil pengujian dalam Tabel 1 ini juga menunjukkan bahwa *duty cycle* PWM berbanding lurus dengan tegangan *output* referensi. Hal ini sesuai dengan hubungan tegangan *output* konverter *buck* dengan *duty cycle* yang diuraikan persamaan (1). Semua hasil ini menunjukkan bahwa konverter *buck* yang dibuat telah beroperasi dengan baik dan dapat menghasilkan tegangan *output* sesuai tegangan referensi.

IV. PENUTUP

Berdasarkan dari pengujian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa sistem kendali konverter *buck* pada arduino yang diprogram menggunakan simulink Matlab telah bekerja dengan baik, dimana hal tersebut dapat dilihat dari tegangan keluaran konverter buck yang dihasilkan sudah mendekati atau sama dengan tegangan yang di setting menggunakan potensiometer. Besarnya duty cycle PWM pada rangkaian konverter buck mempengaruhi tegangan keluaran artinya nilai *duty cycle* PWM berbanding lurus dengan tegangan *output* referensi. Konverter buck yang dibuat ini hanya menghasilkan error maksimum tegangan output sebesar 0.2 volt. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menerapkan kendali yang lebih baik sehingga dapat digunakan pada beban yang berbeda-beda.

REFERENSI

- [1] Aswardi, M. Yuhendri dan DTP. Yanto, Teknik Elektronika Daya, Indonesia : IRDH Book Publisher, 2020.
- [2] Rashid, Muhammad H. 2011. "Power Electronics Handbook Third Edition". Elsevier's Science and Technology Department. Oxford. UK.
- [3] Pramudifita. Andana, "Perancangan PWM Digital Konverter Boost Menggunakan Mikrokontroler Atmega8535", Universitas Negeri Padang, Padang, 2018.
- [4] Dwi. Harselina, "Perancangan Boost Konverter", Universitas Negeri Padang, Padang, 2018.
- [5] Peeyush and V. Chaurasia, "Design and Implementation of Boost Converter for IoT Application," Int. Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET), vol. 6, no. 6, June 2017.
- [6] M. Cucuzzella, R. Lazzari, S. Trip, S. Rosti, C. Sandroni and A. Ferrara, "Sliding mode voltage control of boost converters in DC microgrids," Control Engineering Practice, vol. 73, pp. 161-170, April 2018.
- [7] V. Viswanatha and R.V.S. Reddy, "Digital Control of Buck Converter Using Arduino Microcontroller For Low Power Applications", 2017 International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon), pp. 439-443, 17-19 Aug 2017
- [8] Enang Edovidata, Hafelzandan Aswardi. "Perancangan Sistem Pengisian Accumulator Motor Listrik dengan Sumber Listrik Solar Cell Berbasis Mikrokontroler". *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*. (hal 57-68). Padang : Teknik Elektro FT Universitas Negeri Padang.
- [9] M. I. Esario and M. Yuhendri, "Kendali Kecepatan Motor DC Menggunakan DC Chopper Satu Kuadran Berbasis Kontroller PI," *JTEV*, vol. 06, no. 01, pp. 296-305, 2020.
- [10] H. Matalata and L. W. Johar, "Analisa Buck Converter Dan Boost Converter Pada Perubahan Duty Cycle

Pwm Dengan Membandingkan Frekuensi PWM 1, 7 Khz DAN 3, 3 Khz," *J. Ilm. Univ. Batanghari Jambi*, vol. 18, no. 1, pp. 42-50, 2018

- [11] A. S. Werulkar and P.S. Kulkarni. "Design of Constant Current Solar Charge Controller with Microcontroller Based Soft Switching Buck Converter for Solar Home Lighting System", 2012 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES 2012), Dec 16-19, 2012.
- [12] W. W. A. Ramadhan and T. Abuzairi. "Simulation and Analysis of a Buck Converter Based on an Arduino PWM Signal Using a Single Cell Li-Ion Load", 2019 IEEE International Conference on Quality in Research (QIR): International Symposium on Electrical and Computer Engineering, 20-23 June 2019.
- [13] H. Kovacevic and Z. Stojanovic, "Buck converter controlled by Arduino Uno", 2016 39th Int. Conv. Inf. Commun. Technol. Electron. Microelectron. MIPRO 2016-Proc., pp. 1638-1642, 2016
- [14] A. Aswardi and M. Yuhendri, "Sitem Kendali Dan Monitoring Boost Converter Berbasis GUI (Graphical User Interface) Matlab Menggunakan Arduino", *JTEIN*, vol. 1, no 2, pp.266-272, 2020.
- [15] Aswardi. 2010. Modul Elektronika Daya. Padang : Teknik Elektro Universitas Negeri Padang., *No Title*.

Biodata Penulis

Ari Anggawan, lahir di Jakarta, 12 Agustus 1994. Menyelesaikan Sarjana Terapan di bidang Teknik Elektro Industri pada Jurusan Teknik Elektro FT UNP.

Muldi Yuhendri, dilahirkan di Agam pada tanggal 13 Desember 1981. Menyelesaikan program Sarjana di jurusan teknik elektro Universitas Negeri Padang pada tahun 2005 dan Program S2 di ITS Surabaya pada tahun 2009 serta S3 Ilmu Teknik Elektro pada tahun 2017 di kampus yang sama. Bekerja sebagai staf pengajar di jurusan teknik elektro Universitas Negeri Padang sejak tahun 2006 sampai sekarang,