

PERANCANGAN MODUL TRAINER BUCK-BOOST DC-DC CONVERTER BERBASIS ARDUINO SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PRAKTIKUM ELEKTRONIKA DAYA

Agna Teudas Winanto¹, Muhammad Risqi Mardwianto², Rasmi Wulan Nawangsari³

Shinta Octavia Ramadhani⁴

^{1,2,3,4}Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Malang; Jl. Semarang No. 5, Malang 65145; (0341) 551312

Keywords: DC-DC converter; kontrol PWM; buck-boost converter; elektronika daya; trainer pembelajaran.

Correspondent Email:

shinta.octavia.2405346@students.um.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan modul trainer DC-DC converter berbasis buck, boost, dan buck-boost sebagai media pembelajaran pada mata kuliah elektronika daya. Pemilihan topik ini didasarkan pada kurang optimalnya pemahaman mahasiswa terhadap konsep konversi energi listrik yang selama ini lebih banyak dipelajari secara teoritis tanpa praktik langsung. Metode penelitian yang digunakan meliputi perancangan sistem, simulasi rangkaian menggunakan perangkat lunak Proteus, serta implementasi dalam bentuk trainer fisik berbasis Arduino Uno sebagai pembangkit sinyal Pulse Width Modulation (PWM) untuk mengendalikan switching MOSFET. Hasil penelitian menunjukkan bahwa trainer mampu menampilkan karakteristik penurunan dan peningkatan tegangan sesuai dengan konfigurasi rangkaian serta variasi duty cycle PWM. Selain itu, sistem yang dikembangkan menunjukkan kesesuaian antara hasil eksperimen dan teori dasar konverter DC-DC. Dengan demikian, trainer ini berpotensi meningkatkan pemahaman mahasiswa secara lebih interaktif, praktis, dan aplikatif dalam pembelajaran elektronika daya.



Copyright © 2026 The Author(s), Published by Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

Abstract— This study aims to design and develop a DC-DC converter trainer module based on buck, boost, and buck-boost topologies as a learning medium in power electronics courses. The research is motivated by the limited practical understanding of students regarding electrical energy conversion concepts, which are often taught theoretically. The method includes system design, circuit simulation using Proteus software, and implementation in the form of a physical trainer. An Arduino Uno is utilized to generate PWM signals for controlling MOSFET switching. The results show that the developed trainer is capable of demonstrating voltage step-down and step-up characteristics according to circuit configurations and PWM duty cycles. This allows users to observe real-time responses and analyze converter performance effectively. The developed trainer enhances students' comprehension through interactive and hands-on learning experiences. Therefore, the proposed system is considered effective as an educational tool to support practical understanding in power electronics.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi elektronika daya semakin pesat seiring meningkatnya kebutuhan sistem yang efisien dan hemat energi. Berbagai aplikasi seperti kendaraan

listrik, sistem energi terbarukan, dan perangkat elektronik portabel membutuhkan sistem catu daya yang stabil serta mampu menyesuaikan level tegangan sesuai kebutuhan [1], [2]. Salah satu solusi yang banyak digunakan adalah DC-

DC converter, yaitu rangkaian elektronika yang berfungsi untuk mengubah level tegangan DC menjadi lebih tinggi, lebih rendah, atau kombinasi keduanya. Topologi utama DC-DC converter meliputi buck converter (penurun tegangan), boost converter (penaik tegangan), dan buck-boost converter yang mampu melakukan keduanya [2].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemahaman konsep DC-DC converter umumnya masih berfokus pada pendekatan teoritis dan simulasi, sehingga mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami implementasi nyata serta karakteristik kerja rangkaian secara langsung [3]. Beberapa studi telah mengembangkan media pembelajaran berbasis simulasi maupun modul praktikum sederhana, namun umumnya masih terbatas pada satu jenis konverter dan belum terintegrasi dalam satu sistem pembelajaran yang komprehensif [4]. Selain itu, penggunaan sistem kontrol seperti Pulse Width Modulation (PWM) dalam praktik nyata juga belum banyak dieksplorasi secara interaktif dalam media pembelajaran [5].

Berdasarkan hal tersebut, terdapat kesenjangan antara pembelajaran teoritis dan kebutuhan pemahaman praktis di bidang elektronika daya. Oleh karena itu, diperlukan suatu media pembelajaran yang mampu mengintegrasikan beberapa topologi DC-DC converter dalam satu perangkat serta memberikan pengalaman praktikum secara langsung. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan trainer DC-DC converter yang menggabungkan tiga jenis konverter (buck, boost, dan buck-boost) dalam satu modul yang dikendalikan menggunakan Arduino Uno berbasis PWM.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan modul trainer DC-DC converter yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap prinsip kerja konverter daya. Penelitian ini diharapkan mampu menjawab permasalahan keterbatasan media praktikum serta memberikan kontribusi dalam pengembangan metode pembelajaran yang lebih aplikatif di bidang elektronika daya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 DC-D Converter

DC-DC converter merupakan rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi level tegangan DC lain sesuai kebutuhan sistem [6]. Konverter ini bekerja menggunakan teknik switching sehingga memiliki efisiensi yang lebih tinggi. Berbeda dengan regulator linier yang mendisipasikan kelebihan daya dalam bentuk panas, DC-DC converter switching menyimpan dan melepaskan energi melalui komponen reaktif (induktor dan kapasitor) sehingga memiliki efisiensi yang jauh lebih tinggi [7]. Musumeci [8] menyatakan bahwa DC-DC converter menjadi teknologi kunci dalam skenario pengembangan energi modern, mencakup aplikasi pada kendaraan listrik, sistem penyimpanan energi, dan sumber terbarukan.

2.2 Buck Converter

Buck converter adalah jenis konverter DC-DC yang berfungsi menurunkan tegangan input menjadi tegangan output yang lebih rendah. Prinsip kerja buck converter bergantung pada proses switching MOSFET dan penyimpanan energi pada induktor [9]. Secara teoritis, hubungan antara tegangan input, tegangan output, dan duty cycle pada buck converter dapat dinyatakan sebagai berikut:

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

Di mana :

V_{out} = tegangan output

V_{in} = tegangan input

D = duty cycle

Berdasarkan persamaan tersebut, semakin besar nilai duty cycle maka tegangan output akan semakin meningkat, namun tetap lebih rendah dibandingkan tegangan input

2.3 Boost Converter

Boost converter merupakan konverter yang digunakan untuk meningkatkan tegangan DC input menjadi tegangan output yang lebih tinggi. Tegangan keluaran dipengaruhi oleh duty cycle PWM yang digunakan untuk mengendalikan switching MOSFET [6]. Hubungan teoritis antara tegangan input dan output pada boost converter dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{1-D} \quad (2)$$

Di mana :

V_{out} = tegangan output

V_{in} = tegangan input

D = duty cycle

Berdasarkan persamaan tersebut, semakin besar duty cycle maka tegangan output yang dihasilkan akan semakin tinggi dibandingkan tegangan input.

2.4 Buck-Boost Converter

Buck-boost converter merupakan gabungan prinsip kerja buck converter dan boost converter sehingga mampu menghasilkan tegangan keluaran lebih kecil maupun lebih besar dibandingkan tegangan input [10]. Persamaan teoritis buck-boost converter dapat dituliskan sebagai berikut:

$$V_{out} = \frac{D}{1-D} \times V_{in} \quad (3)$$

Karakteristik utama buck-boost converter:

- Dapat beroperasi sebagai step-down (buck) saat $V_{out} < V_{in}$
- Dapat beroperasi sebagai step-up (boost) saat $V_{out} > V_{in}$

Nilai duty cycle menentukan apakah tegangan output bekerja pada kondisi buck maupun boost. Semakin besar duty cycle maka tegangan output yang dihasilkan akan semakin meningkat.

2.5 Pulse Width Modulation (PWM)

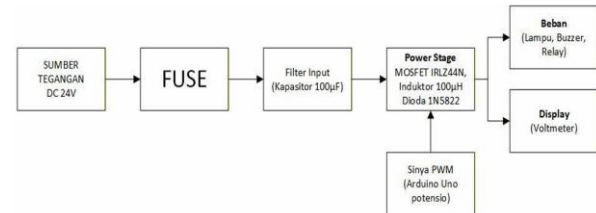
PWM merupakan metode pengendalian sinyal digital dengan mengatur lebar pulsa untuk mengontrol besar daya yang diberikan ke beban [11]. Pada penelitian ini PWM dihasilkan menggunakan Arduino Uno untuk mengendalikan MOSFET pada rangkaian konverter.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (Research and Development) dengan pendekatan desain dan implementasi perangkat keras. Tahapan penelitian meliputi: (1) studi literatur dan analisis kebutuhan, (2) perancangan sistem diagram blok, (3) simulasi rangkaian menggunakan Proteus, (4) implementasi perangkat fisik trainer, dan (5) pengujian kinerja trainer.

3.1 Perancangan Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem pada trainer DC-DC converter menunjukkan alur kerja sistem mulai dari sumber tegangan hingga keluaran beban dan display pengukuran. Berikut adalah diagram blok sistem yang kami gunakan



Gambar 1 Diagram Blok Rangkaian

Sistem menggunakan sumber tegangan DC sebesar 24 V sebagai input utama rangkaian. Tegangan input kemudian melewati fuse yang berfungsi sebagai pengaman rangkaian untuk melindungi komponen dari arus lebih atau hubung singkat. Setelah melewati fuse, tegangan masuk ke bagian filter input yang terdiri dari kapasitor 100 µF. Filter input berfungsi untuk mengurangi ripple tegangan dan menjaga kestabilan tegangan sebelum masuk ke rangkaian power stage. Bagian power stage merupakan bagian utama pada sistem DC-DC converter yang terdiri dari MOSFET IRLZ44N sebagai switching, induktor 100 µH sebagai penyimpan energi, dan dioda 1N5822 sebagai jalur aliran arus saat proses switching berlangsung. Pada bagian ini terjadi proses konversi tegangan DC sesuai mode operasi converter.

Proses switching MOSFET dikendalikan oleh sinyal PWM yang dihasilkan oleh Arduino Uno. Nilai duty cycle PWM diatur menggunakan potensiometer sehingga tegangan output dapat berubah sesuai karakteristik buck converter, boost converter, maupun buck-boost converter. Tegangan output dari power stage kemudian diteruskan menuju beban berupa lampu, buzzer, dan relay sebagai indikator kerja sistem. Selain itu, output juga terhubung dengan display voltmeter untuk menampilkan nilai tegangan keluaran secara langsung sehingga memudahkan proses pengamatan dan pengukuran pada saat praktikum.

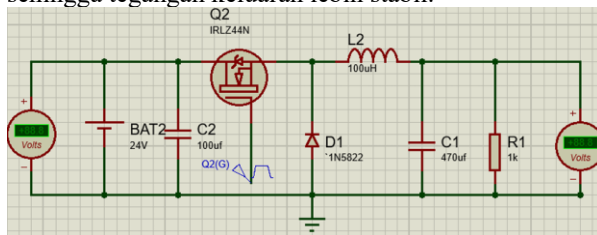
3.2 Simulasi Rangkaian

Sebelum direalisasikan dalam perangkat fisik, seluruh rangkaian disimulasikan menggunakan perangkat lunak Proteus. Simulasi mencakup tiga

konfigurasi: buck, boost, dan buck-boost converter. Parameter simulasi yang digunakan adalah tegangan input 24 V DC, induktor 100uH, kapasitor 100uF (input) dan 470 uF (output), dioda 1N5822, MOSFET IRLZ44N, beban resistor 1k Ohm.

a.) Rangkaian Buck

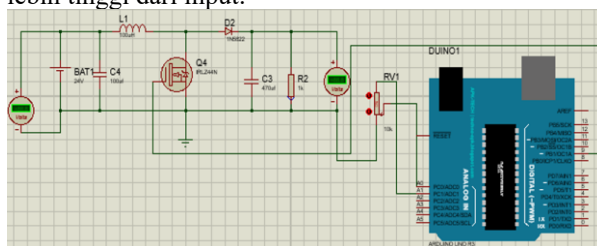
Pada simulasi buck converter, saat MOSFET dalam kondisi ON, arus mengalir dari sumber melalui induktor 100uH menuju beban. Induktor menyimpan energi dalam bentuk medan magnet. Saat MOSFET OFF, dioda 1N5822 menyediakan jalur arus bebas (freewheeling) sehingga arus induktor tetap mengalir ke beban. Kapasitor 470uF pada sisi output meredam riak tegangan (ripple) sehingga tegangan keluaran lebih stabil.



Gambar 2 Rangkaian Buck

b.) Rangkaian Boost

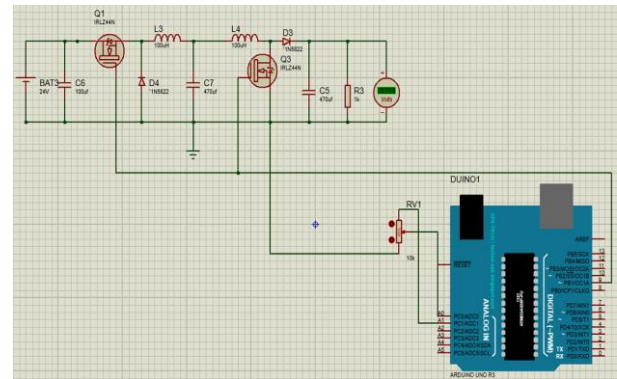
Pada simulasi boost converter, ketika MOSFET dalam kondisi ON, arus mengalir melalui induktor dari sumber menuju ground sehingga energi tersimpan dalam medan magnet induktor. Dioda 1N5822 berada dalam kondisi reverse bias sehingga arus tidak mengalir ke beban. Ketika MOSFET OFF, energi induktor dilepaskan dan menjumlahkan tegangan sumber, sehingga tegangan output melebihi tegangan input. Kapasitor 470 uF pada output mempertahankan tegangan keluaran yang lebih tinggi dari input.



Gambar 3 Rangkaian Boost

c.) Rangkaian Buck-Boost

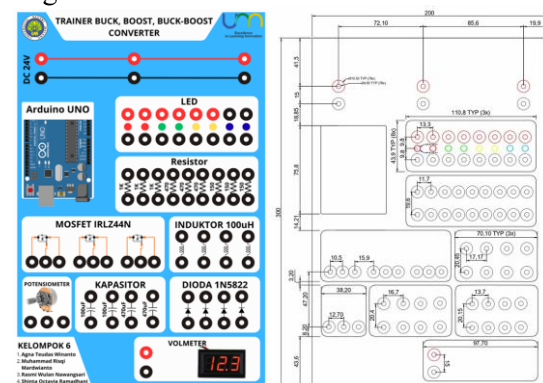
Pada rangkaian simulasi buck-boost converter menghasilkan tegangan keluaran yang dapat lebih kecil maupun lebih besar dari tegangan masukan. Pada duty cycle di bawah 50%, rangkaian berperilaku sebagai penurun tegangan (kondisi buck). Pada duty cycle di atas 50%, rangkaian berperilaku sebagai penaik tegangan (kondisi boost). Induktor berfungsi sebagai elemen penyimpanan dan pelepas energi utama, sedangkan dioda mengalirkan arus dari induktor menuju kapasitor dan beban saat MOSFET OFF. Kapasitor 470uF menjaga kestabilan tegangan keluaran pada kedua kondisi operasi.



Gambar 4 Rangkaian Buck-Boost

3.3 Desain Rancangan Rangkaian Trainer

Pada tahap ini dilakukan perancangan desain fisik trainer DC-DC converter yang digunakan sebagai media pembelajaran praktikum elektronika daya. Desain trainer dibuat menggunakan panel akrilik berukuran 300 × 200 mm dengan ketebalan 3 mm sebagai tempat pemasangan komponen, terminal pengukuran, dan voltmeter digital. Desain rancangan trainer secara lengkap dapat dilihat pada gambar 5. Perancangan dilakukan dengan mempertimbangkan tata letak komponen agar mudah digunakan dalam proses praktikum, pengukuran, serta pengamatan prinsip kerja rangkaian DC-DC converter.



Gambar 5 Desain dan Ukuran Trainer

Pada trainer ini meliputi beberapa komponen utama yang digunakan dalam proses konversi tegangan DC dan pengendalian sistem. Komponen-komponen tersebut digunakan untuk mendukung kerja rangkaian pada trainer. Adapun daftar komponen yang digunakan ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1 Komponen pada Trainer

Nama Komponen	Jumlah
Arduino Uno	1 unit
Potensiometer	1 unit
MOSFET IRLZ44N	3 unit

Induktor 100 μ H	3 unit
Dioda 1N5822	4 unit
Kapasitor 100 μ F	2 unit
Kapasitor 470 μ F	2 unit
Resistor 1 K Ω	3 unit
Resistor 470 Ω	3 unit
Resistor 150 Ω	3 unit
LED Merah	2 unit
LED Hijau	2 unit
LED Kuning	2 unit
LED Biru	2 unit
Voltmeter Digital	1 unit
Kabel Banana jack female	78 unit
Adaptor/PSU DC 24V	1 unit
Akrilik 3 mm, 70 $\times$ 55 cm	1 unit

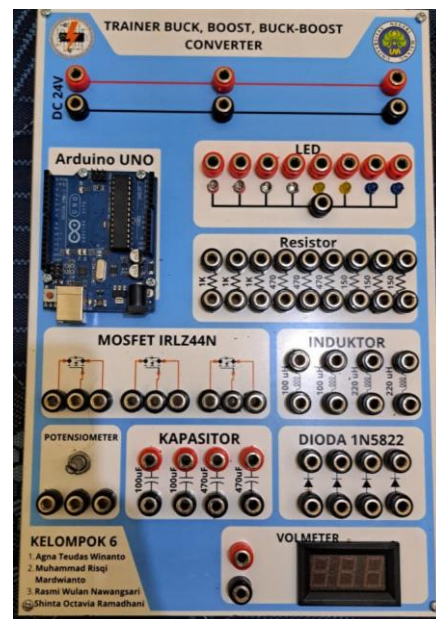
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Trainer

Hasil perancangan pada penelitian ini berupa trainer DC-DC converter yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran praktikum elektronika daya. Trainer dirancang untuk menampilkan tiga konfigurasi rangkaian konverter yaitu buck converter, boost converter, dan buck-boost converter dalam satu media pembelajaran.

Trainer menggunakan Arduino Uno sebagai pembangkit sinyal PWM yang berfungsi untuk mengendalikan switching MOSFET IRLZ44N. Selain itu, trainer juga dilengkapi dengan komponen pendukung seperti induktor, dioda 1N5822, kapasitor, resistor, LED indikator, potensiometer, serta voltmeter digital untuk mempermudah proses pengamatan dan pengukuran tegangan keluaran rangkaian.

Desain trainer dibuat menggunakan panel akrilik dengan tata letak komponen yang disusun secara sistematis agar memudahkan pengguna dalam melakukan perakitan, pengukuran, serta memahami alur kerja rangkaian konverter DC-DC. Pada bagian trainer juga disediakan terminal banana jack sebagai titik koneksi antar komponen dan titik pengukuran tegangan. Hasil perancangan trainer ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6 Hasil Trainer

4.2 Pengujian Trainer

Pengujian trainer dilakukan untuk mengetahui kinerja rangkaian DC-DC converter pada setiap konfigurasi yaitu buck converter, boost converter, dan buck-boost converter. Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan input sebesar 24 V DC kemudian mengamati perubahan tegangan keluaran akibat perubahan duty cycle PWM yang dihasilkan oleh Arduino Uno.

Pengaturan duty cycle PWM dilakukan menggunakan potensiometer 10 k Ω yang terhubung dengan Arduino Uno. Nilai tegangan keluaran diukur menggunakan voltmeter digital yang terdapat pada trainer. Hasil pengujian digunakan untuk menganalisis karakteristik tegangan keluaran pada masing-masing jenis konverter serta mengetahui kesesuaian antara hasil perhitungan teori dan hasil pengukuran pada trainer.

4.2.1 Hasil Uji Coba Buck Converter

Pengujian buck converter dilakukan untuk mengetahui kemampuan rangkaian dalam menurunkan tegangan DC input menjadi tegangan output yang lebih rendah. Berikut merupakan hasil dari pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 2 Hasil Uji Coba Buck Converter

Duty Cycle (%)	Vin (V)	Vout Teori (V)	Vout Uji (V)
20 %	24	4,8	4,6
40 %	24	9,6	9,3
60 %	24	14,4	14,0
80 %	24	19,2	18,7

Analisis :

Berdasarkan hasil pengujian buck converter, tegangan output mengalami peningkatan seiring bertambahnya duty cycle PWM yang diberikan pada MOSFET. Pada duty cycle 20% diperoleh tegangan output sebesar 4,6 V, sedangkan pada duty cycle 80% tegangan output meningkat menjadi 18,7 V. Hasil pengukuran menunjukkan nilai tegangan output mendekati hasil perhitungan teoritis, sehingga rangkaian buck converter dapat bekerja dengan baik dalam menurunkan tegangan input 24 V DC.

Selisih antara hasil teori dan hasil pengujian disebabkan oleh adanya rugi-rugi daya pada komponen rangkaian seperti MOSFET, dioda, induktor, serta pengaruh resistansi internal komponen. Selain itu, proses switching dan ripple tegangan juga mempengaruhi kestabilan tegangan output yang dihasilkan. Namun secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan karakteristik buck converter telah sesuai dengan teori dimana tegangan output selalu lebih rendah dibandingkan tegangan input.

4.2.2 Hasil Uji Coba Boost Converter

Pengujian boost converter dilakukan untuk mengetahui kemampuan rangkaian dalam meningkatkan tegangan DC input menjadi tegangan output yang lebih tinggi. Berikut adalah hasil pengujian rangkaian.

Tabel 3 Hasil Uji Coba Boost Converter

Duty Cycle (%)	Vin (V)	Vout Teori (V)	Vout Uji (V)
20 %	24	30	28,5
40 %	24	40	39

60 %	24	60	58,2
80 %	24	120	112,5

Analisis :

Berdasarkan hasil pengujian boost converter, tegangan output meningkat seiring bertambahnya duty cycle PWM. Pada duty cycle 20% diperoleh tegangan output sebesar 28,5 V dan meningkat hingga 112,5 V pada duty cycle 80%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa rangkaian boost converter mampu meningkatkan tegangan input 24 V DC menjadi tegangan output yang lebih tinggi sesuai karakteristik boost converter.

Hasil pengukuran menunjukkan nilai yang mendekati hasil perhitungan teoritis, meskipun terdapat sedikit selisih pada setiap pengujian. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh rugi-rugi switching pada MOSFET, tegangan jatuh pada dioda, serta efisiensi induktor dan komponen lainnya pada rangkaian. Selain itu, kondisi pembebanan dan ripple tegangan juga mempengaruhi kestabilan tegangan output yang dihasilkan. Secara keseluruhan, boost converter dapat bekerja dengan baik sesuai prinsip konversi tegangan DC.

4.2.3 Hasil Uji Coba Buck-Boost Converter

Pengujian buck-boost converter dilakukan untuk mengetahui kemampuan rangkaian dalam menghasilkan tegangan output yang dapat lebih rendah maupun lebih tinggi dibandingkan tegangan input. Pada pengujian ini digunakan tegangan input sebesar 24 V DC dengan pengaturan duty cycle PWM menggunakan potensiometer 10 kΩ.

Berdasarkan hasil pengujian, perubahan duty cycle PWM sangat mempengaruhi nilai tegangan keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian buck-boost converter. Pada duty cycle rendah, rangkaian bekerja pada kondisi buck sehingga tegangan output lebih rendah dibandingkan tegangan input. Sedangkan pada duty cycle yang lebih besar, rangkaian bekerja pada kondisi boost sehingga tegangan output menjadi lebih tinggi dibandingkan tegangan input.

Prinsip kerja buck-boost converter merupakan kombinasi antara buck converter dan boost converter. Pada saat MOSFET aktif, energi disimpan pada induktor, kemudian saat MOSFET nonaktif energi dilepaskan menuju

beban melalui dioda. Proses switching yang dikendalikan PWM menyebabkan tegangan output dapat diatur sesuai kebutuhan. Hasil pengukuran buck-boost converter ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4 Hasil Uji Coba Buck-Boost Converter

Duty Cycle (%)	Vin (V)	Vout Teori (V)	Vout Uji (V)	Kondisi
25 %	24	8	7,6	Buck
50 %	24	24	22,9	Normal
75 %	24	72	68,5	Boost

Berdasarkan hasil pengujian buck-boost converter, tegangan output berubah sesuai nilai duty cycle PWM yang diberikan pada MOSFET. Pada duty cycle 25% diperoleh tegangan output sebesar 7,6 V sehingga rangkaian bekerja pada kondisi buck karena tegangan output lebih rendah dibandingkan tegangan input 24 V DC. Pada duty cycle 50% tegangan output mendekati tegangan input yaitu sebesar 22,9 V sehingga rangkaian berada pada kondisi normal. Sedangkan pada duty cycle 75% tegangan output meningkat menjadi 68,5 V sehingga rangkaian bekerja pada kondisi boost karena tegangan output lebih tinggi dibandingkan tegangan input.

Hasil pengukuran menunjukkan nilai tegangan output mendekati hasil perhitungan teoritis, namun masih terdapat sedikit selisih akibat rugi-rugi switching pada MOSFET, tegangan jatuh pada dioda, serta efisiensi induktor dan komponen lainnya pada rangkaian. Selain itu, ripple tegangan dan kondisi pembebanan juga mempengaruhi kestabilan tegangan output yang dihasilkan. Secara keseluruhan, rangkaian buck-boost converter dapat bekerja dengan baik sesuai karakteristiknya, yaitu mampu menghasilkan tegangan output yang lebih rendah maupun lebih tinggi dibandingkan tegangan input.

4.5 Analisis

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, trainer DC-DC converter berhasil bekerja pada tiga konfigurasi rangkaian yaitu buck converter, boost converter, dan buck-boost converter. Penggunaan Arduino Uno sebagai pembangkit

sinyal PWM mampu mengendalikan proses switching MOSFET sehingga tegangan output dapat diatur melalui perubahan duty cycle PWM.

Pada pengujian buck converter, tegangan output yang dihasilkan selalu lebih rendah dibandingkan tegangan input sebesar 24 V DC sesuai karakteristik buck converter. Tegangan output meningkat seiring bertambahnya duty cycle PWM. Pada pengujian boost converter, rangkaian mampu meningkatkan tegangan output menjadi lebih tinggi dibandingkan tegangan input. Semakin besar duty cycle PWM, maka tegangan output yang dihasilkan juga semakin meningkat. Sedangkan pada pengujian buck-boost converter, rangkaian mampu bekerja pada kondisi buck maupun boost tergantung nilai duty cycle PWM yang digunakan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai tegangan output pada setiap konfigurasi mendekati hasil perhitungan teoritis. Selisih antara hasil teori dan hasil pengujian disebabkan oleh rugi-rugi pada komponen rangkaian seperti MOSFET, dioda, induktor, serta pengaruh proses switching dan efisiensi rangkaian. Namun selisih yang terjadi masih dalam batas wajar sehingga sistem dapat bekerja dengan baik sesuai prinsip kerja DC-DC converter.

Secara keseluruhan, trainer yang dirancang dapat digunakan sebagai media pembelajaran praktikum elektronika daya karena mampu menunjukkan karakteristik kerja buck converter, boost converter, dan buck-boost converter secara langsung. Selain itu, trainer juga memudahkan mahasiswa dalam memahami hubungan antara duty cycle PWM terhadap perubahan tegangan output pada sistem konversi tegangan DC.

5. KESIMPULAN

- Modul trainer buck-boost DC-DC converter berhasil dirancang dan dapat bekerja pada tiga konfigurasi rangkaian yaitu buck converter, boost converter, dan buck-boost converter menggunakan Arduino Uno sebagai pembangkit sinyal PWM untuk mengendalikan switching MOSFET.
- Hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan duty cycle PWM mempengaruhi tegangan output sesuai karakteristik

masing-masing konverter. Buck converter menghasilkan tegangan output lebih rendah dari tegangan input, boost converter menghasilkan tegangan output lebih tinggi dari tegangan input, sedangkan buck-boost converter mampu menghasilkan tegangan output lebih rendah maupun lebih tinggi dibandingkan tegangan input.

- c. Nilai tegangan hasil pengujian mendekati hasil perhitungan teoritis dengan selisih yang masih dalam batas wajar. Selisih tersebut dipengaruhi oleh rugi-rugi komponen dan proses switching pada rangkaian.
- d. Trainer yang dirancang memiliki kelebihan berupa kemampuan menampilkan tiga jenis konverter dalam satu media pembelajaran sehingga memudahkan mahasiswa memahami prinsip kerja konversi tegangan DC secara langsung dan interaktif. Selain itu, penggunaan Arduino Uno memudahkan pengaturan duty cycle PWM pada sistem.
- e. Kekurangan pada trainer ini yaitu masih terdapat ripple tegangan dan rugi-rugi daya pada komponen sehingga hasil pengukuran belum sepenuhnya sama dengan hasil teoritis. Selain itu, sistem pengukuran masih menggunakan voltmeter digital sederhana sehingga belum dapat menampilkan parameter gelombang secara detail.
- f. Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan menambahkan fitur monitoring berbasis display LCD atau IoT, pengukuran arus dan efisiensi daya, serta penggunaan komponen switching dengan efisiensi lebih tinggi agar performa trainer menjadi lebih optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pengampu mata kuliah Elektronika Daya, serta seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, arahan, dan bantuan dalam proses perancangan serta penyusunan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rashid, M. H. (2014). *Power Electronics: Circuits, Devices, and Applications* Power Electronics by Rashid
- [2] R. W. Erickson and D. Maksimovic, *Fundamentals of Power Electronics*, 2nd ed.

- New York, NY, USA: Springer, 2001. *Fundamentals of Power Electronics*
- [3] N. Hashim, Z. Salam, D. Johari, and N. F. N. Ismail, "DC-DC Boost Converter Design for Fast and Accurate MPPT Algorithms in Stand-Alone Photovoltaic System," *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, vol. 9, no. 3, pp. 1038–1050, Sep. 2018, doi: 10.11591/ijpeds.v9.i3.pp1038-1050.
 - [4] J. A. Rosas-Caro, J. C. Mayo-Maldonado, A. Valderrabano-Gonzalez, J. C. Rosas-Caro, and H. Cisneros-Villegas,
 - [5] R. Jayachandran and S. Hegde, "From Theory to Practice: Experiential Learning in Analog Electronic Circuits Lab," *IEEE Transactions on Education*, early access, 2026.
 - [6] N. Priyadarshi, S. Padmanaban, J. B. Holm-Nielsen, dan F. Blaabjerg, *DC-DC Converters for Future Renewable Energy Systems*. Singapore: Springer, 2022.
 - [7] A. Daraz, A. Basit, and G. Zhang, "Performance analysis of PID controller and fuzzy logic controller for DC-DC boost converter," *PLOS ONE*, vol. 18, no. 10, p. e0281122, Oct. 2023. doi: 10.1371/journal.pone.0281122
 - [8] S. Musumeci, "Advanced DC-DC Power Converters and Switching Converters," *Energies*, vol. 15, no. 4, pp. 1565, Feb. 2022. doi: 10.3390/en15041565
 - [9] E. Babaei and S. H. Hosseini, "Analysis of boost converter performance under PWM control," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 10231–10240, 20
 - [10] E. Babaei and S. H. Hosseini, "Analysis of boost converter performance under PWM control," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 10231–10240, 2021
 - [11] D. Erickson and D. Maksimovic, *Fundamentals of Power Electronics*, 3rd ed. New York: Springer, 2020.
 - [12] A. Pressman, *Switching Power Supply Design*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2019.
 - [13] D. Kadir, H. Soegiarto, dan B. Prasetyo, "Efektivitas Media Pembelajaran Trainer Elektronika Daya terhadap Hasil Belajar Mahasiswa," *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 10, no. 2, hlm. 45-52, 2022.
 - [14] R. Firmansyah dan D. Kurniawan, "Pengembangan Modul Trainer Konverter Daya Berbasis Arduino untuk Praktikum Elektronika Daya," *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, vol. 11, no. 3, hlm. 112-120, 2023.
 - [15] B. Santoso, M. Alfarisi, dan W. Kurniawan, "Implementasi Arduino Uno Sebagai Pembangkit Sinyal PWM pada Trainer Buck Converter," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 14, no. 1, hlm. 30-38, 2022.