

Pengaruh Frekuensi dan Duty Cycle pada Ripple Tegangan Buck Converter

Fina Farhan^{1*}, Bambang Sujanarko^{2*}

¹Universitas Nurul Jadid, Karanganyar, Paiton, Probolinggo, Jawa Timur

²Universitas Jember, Jl. Kalimantan II/24, Kampus Bumi Tegal Boto, Jember 68121, Jawa Timur

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received December 20, 2022

Revised February 26, 2022

Accepted February 28, 2022

Keywords:

Frequency;
Duty Cycle;
Ripple;
Buck Converter.

This paper investigates the effect of frequency and duty cycle variation on the ripple of voltage output of Buck converter. Investigation was carried out by conducting 8 experiments with different frequencies and duty cycles, namely at frequency 10 kHz and duty cycle 30%. Next, at frequency 100 kHz and duty cycle 30%, frequency 10 kHz, and duty cycle 50%, frequency 50 kHz and duty cycle 50%, frequency 100 kHz and duty cycle 50%, frequency 10 kHz and duty cycle 90%, frequency 50 kHz and duty cycle 90%, and finally at frequency 100 kHz and duty cycle 90%. Within 9 experiments, it is found that the higher frequency, the smoother ripples in the output voltage of the Buck Converter. Further, the value of duty cycle affects the value of the output voltage on the Buck Converter. Subsequently, the value of the capacitor and resistor in the Buck Converter affects the value of ripple in the output voltage especially at the particular frequency.

Paper ini menyelidiki Pengaruh variasi frekuensi dan duty cycle pada ripple tegangan keluar Buck Converter. Penyeidikan dilakukan dengan melakukan 8 kali percobaan dengan frekuensi dan duty cycle yang berbeda-beda, diantaranya pada frekuensi 10 kHz dan duty cycle 30%, frekuensi 100 kHz dan duty cycle 30%, frekuensi 10 kHz dan duty cycle 50%, frekuensi 50 kHz dan duty cycle 50%, frekuensi 100 kHz dan duty cycle 50%, frekuensi 10 kHz dan duty cycle 90%, frekuensi 50 kHz dan duty cycle 90%, dan frekuensi 100 kHz dan duty cycle 90%. Dari 8 kali percobaan ditemukan bahwa ripple tegangan yang lebih halus dihasilkan pada frekuensi-nya lebih besar, yang kedua, besarnya nilai duty cycle mempengaruhi nilai output tegangan Buck Converter. Selanjutnya nilai kapasitor dan resistor yang terdapat pada rangkaian daya Buck Converter mempengaruhi nilai ripple keluaran tegangan pada frekuensi tertentu.

Corresponding Author:

Fina Farhan, Universitas Nurul Jadid, Karanganyar, Paiton, Probolinggo

Email: fina.farhana91@gmail.com

Bambang Sujanarko, Universitas Jember, Jl. Kalimantan II/24, Kampus Bumi Tegal Boto, Jember

Email: sujanarko.teknik@unej.ac.id

1. PENDAHULUAN

Penggunaan komponen pemutus arus dan elektronika daya telah memunculkan jaringan tegangan DC yang mengubah arus searah menjadi tegangan masukan berupa keluaran DC yang lebih tinggi atau lebih rendah, sehingga teknologi terkini dibuat agar bisa mengatur tegangan suplai konsumen listrik saat ini tidak dapat dihindari. Konversi tegangan DC ini biasa disebut sebagai konverter DC-DC. Dalam perkembangannya, aplikasi konverter DC-DC telah memungkinkan perangkat elektronik dapat berfungsi dengan catu daya baterai kecil yang dapat mengubah tegangan output sesuai dengan kebutuhan penggunaan.

Untuk menaikkan tegangan di atas tegangan sumber, Anda dapat menggunakan konverter *boost*. Untuk menurunkan tegangan di bawah tegangan sumber, Anda dapat menggunakan *buck converter*. Jika ada tegangan yang dapat diatur lebih rendah atau lebih tinggi, dapat menggunakan *buck converter* dan konverter penambah pada sumber tegangan.

Konverter *back-and-boost* sistem adalah regulator DC *switching* non-terisolasi dapat memenuhi kebutuhan sumber tegangan output variabel. Pada sistem konverter *back-and-boost*, nilai tegangan keluaran dapat diatur lebih tinggi atau lebih rendah dari nilai tegangan masukan dengan mengatur frekuensi dan lebar

pulsa (*duty cycle*). Siklus tugas dicapai menghasilkan Sinyal PWM (modulasi lebar pulsa) untuk mengatur sakelar konverter *step-down* dan *boost*.

Buck converter adalah konverter yang menghasilkan tegangan DC atau arus DC dan dapat diatur sesuai dengan keinginan Anda. Sumber tegangan dan arus untuk *Buck converter* berasal dari catu daya atau baterai. home1 adalah rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk menurunkan tegangan DC sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Pemilihan *buck converter* didasarkan pada efisiensi tinggi dalam mengubah daya masukan menjadi daya keluaran. Beberapa kriteria kinerja dinamis yang penting untuk dipertimbangkan diantaranya tegangan keluaran, dan waktu pemulihan. Keuntungan dari konfigurasi *buck converter* adalah efisiensi waktu yang tinggi, sirkuit sederhana, dan tidak memerlukan transformator. *Ripple* terjadi pada tegangan output yang rendah, sehingga filter yang dibutuhkan relatif kecil.

Menurut Santoso dalam penelitiannya yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Pengisi Baterai Lead Acid Berbasis Mikrokontroler Atmega328 Dengan Sumber *Stand-Alone PV System*" yang membahas tentang manajemen pengisian daya baterai dan mengontrol baterai untuk membuatnya bertahan lebih lama. Rangkaian sistem pengisian baterai pada penelitian ini terdiri dari mikrokontroler ATmega328, *buck converter*, dan sensor arus dan tegangan. Sutedjo dkk. (2010) Konverter daya DC-DC (konverter DC-DC) telah dibuat menjadi tipe transisi, juga dikenal sebagai perajang DC. Alat ini terutama digunakan untuk memberikan tegangan keluaran DC. Besar kecilnya tegangan keluaran DC tergantung pada kebutuhan beban.

Menurut Padillah dalam penelitiannya yang berjudul "Perancangan dan Realisasi Konverter DC-DC Tipe Boost Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535" Adapun penelitiannya membahas tentang Konverter ini merupakan konverter DC-DC *non-isolated* untuk membuat konverter tegangan DC tipe *switching* topologi boost yang dapat meningkatkan tegangan output. Tegangan keluaran konverter dikontrol dengan mengatur *duty cycle* dari sinyal modulasi lebar pulsa (PWM) yang dihasilkan oleh mikrokontroler dalam mode koreksi fasa pulsa PWM.

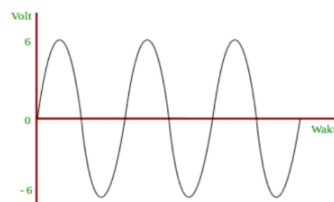
Menurut Husnaini dalam penelitiannya yang berjudul "Implementasi Kompensator PI-Lead pada kestabilan tegangan keluaran *Buck Konverter*" Penelitian ini membahas tentang tegangan DC yang dibutuhkan untuk beban berfluktuasi secara signifikan, sehingga konverter belakang dikembangkan yang secara adaptif dapat menyesuaikan tegangan output dengan kebutuhan beban. Konverter buck dirancang untuk menghasilkan tegangan keluaran DC pada kisaran 320 Volt untuk memenuhi kebutuhan beban DC berdasarkan arus beban perangkat elektronik yang membutuhkan daya DC.

Sedangkan dalam penelitian ini membahas tentang pengaruh Frekuensi dan *Duty Cycle* pada *Ripple* Tegangan *Buck Converter*, untuk mencari pengaruh Frekuensi dan *Duty Cycle* dalam penelitian ini melakukan uji coba sebanyak 8 kali dengan Frekuensi dan *Duty Cycle* yang berbeda-beda, diantaranya adalah , Di Antaranya Frekuensi 10 KHz dan *Duty Cycle* 30%, Frekuensi 100 KHz dan *Duty Cycle* 30%, 10 KHz dan *Duty Cycle* 50%, Frekuensi 50 KHz dan *Duty Cycle* 50%, Frekuensi 100 KHz dan *Duty Cycle* 50%, Frekuensi 10 KHz dan *Duty Cycle* 90%, Frekuensi 50 KHz dan *Duty Cycle* 90%, dan Frekuensi 100 KHz dan *Duty Cycle* 90%.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Ripple

Ripples adalah gelombang dengan puncak dan lembah, atau biasa disebut dengan ripples. Ripple idealnya dibagi menjadi *ripple* tinggi, *ripple* rendah, dan *ripple* nol (lurus / tanpa *ripple*).

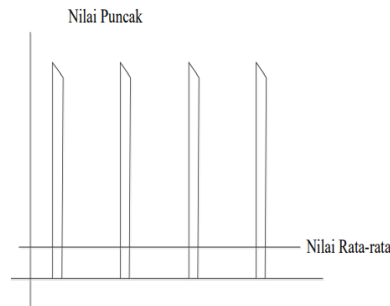


Gambar 1. *Ripple* Rendah AC

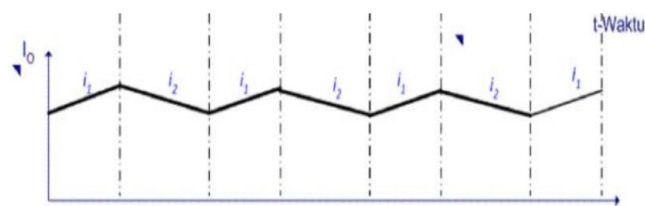
Riak di atas adalah *Ripple* sinusoidal AC murni dan termasuk dalam kategori *Ripple* rendah.

Gambar 2 di atas memperlihatkan ripple yang termasuk dalam kategori *Ripple* tinggi. Nilai DC rata-rata rendah, tetapi puncaknya sangat tinggi sehingga diklasifikasikan sebagai *Ripple* tinggi. Untuk Gambar 3 diatas merupakan gelombang yang mempunyai ripple DC murni. *Ripple* DC murni terdiri dari ripple DC murni kontinyu dan *ripple* DC murni diskontinyu. Contoh di atas merupakan *ripple* DC murni kontinyu yang

mana tidak pernah mencapai nol. Sedangkan ripple DC murni diskontinyu mampu mencapai nol seperti yang diperlihatkan pada Figure berikut.



Gambar 2. Ripple Tinggi DC



Gambar 3. Ripple DC Murni Kontinyu

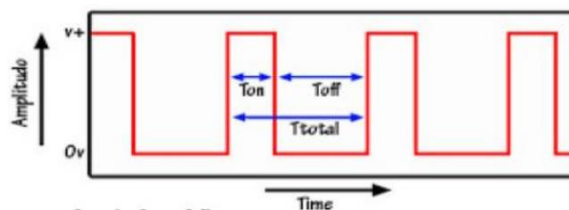


Gambar 4. Ripple DC Murni Diskontinyu

Kemudian khusus untuk ripple DC murni dari penyearah setengah gelombang juga dapat digunakan sebagai rangkaian dalam penelitian ini, namun *ripple* ini hanya mampu untuk frekuensi rendah. Oleh sebab itu dalam penelitian ini tidak dapat menggunakan penyearah. Sedangkan rangkaian yang cocok digunakan untuk frekuensi rendah maupun frekuensi tinggi adalah rangkaian *buck-boost converter*. Terlepas dari itu, pengertian ripple tinggi dan ripple rendah itu sendiri merupakan perbedaan selisih nilai antara tegangan masukan sumber yang masuk ke *converter* dengan tegangan keluaran yang disesuaikan untuk proses *charging* aki.

2.2. Duty Cycle & Frekuensi.

Duty Cycle adalah perbandingan antara waktu ketika sinyal mencapai kondisi ON dan ketika mencapai kondisi OFF dalam satu periode sinyal. *Duty Cycle* adalah proporsi waktu dimana komponen, perangkat, atau sistem dioperasikan. Siklus tugas dapat dinyatakan sebagai rasio atau persentase.



Gambar 5. PWM (Pulse Width Modulation)

Sedangkan frekuensi merupakan jumlah gelombang yang terbentuk dalam satu detik. Jadi bisa disimpulkan bahwa frekuensi gelombang merupakan jumlah gelombang dibagi waktu yang dibutuhkan. Sinyal PWM pada umumnya mempunyai amplitudo dan frekuensi dasar tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar pulsa PWM ini berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Maksudnya adalah sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%)

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \quad (1)$$

$$D = \frac{T_{on}}{T_{total}}$$

$$V_{out} = D \times V_{in}$$

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in}$$

Keterangan :

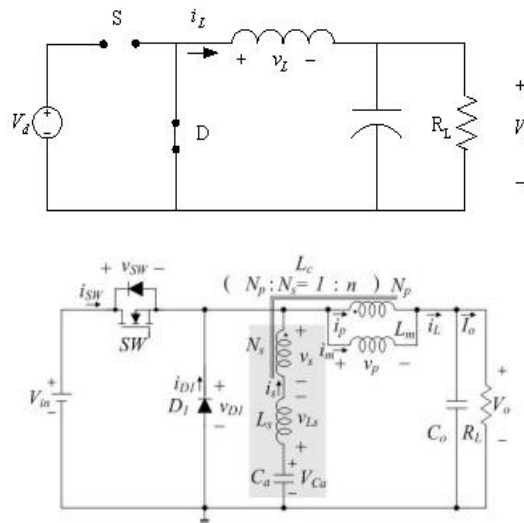
T_{on} = waktu pulsa “High”

T_{off} = waktu pulsa “Low”

D = *Duty cycle* adalah lamanya pulsa high dalam satu perioda.

2.3. Buck-Boost Converter.

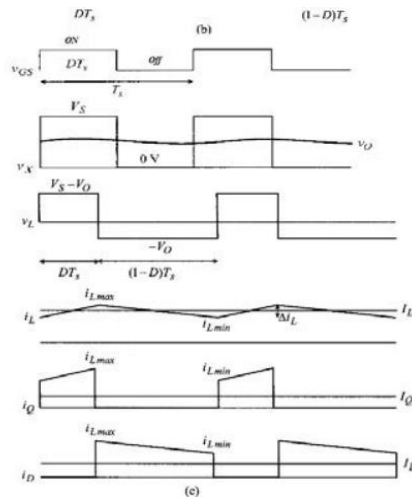
Konverter buck-boost merupakan alat yang dapat mengubah tegangan DC ke DC menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan inputannya. Sehingga pengguna dapat memilih sendiri tegangan yang akan diaplikasikan ke beban yaitu lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan output. *Buck-boost converter* adalah sebuah rangkaian DC-DC converter yang memiliki kelebihan yaitu tegangan keluaran yang dapat diatur lebih besar atau lebih kecil dari sumber.



Gambar 6. Rangkaian Konverter DC-DC Buck-Boost

Buck converter dapat dijelaskan menggunakan diagram konseptual seperti Gambar 6 (a) yang terdiri dari dua bagian, yaitu saklar Single-Pole Double-Throw (SPDT) dan filter ideal jenis low pass. Pada satu periode pensaklaran T_s , saklar SPDT pada posisi a berfungsi untuk T_{on} dan pada posisi p berfungsi untuk T_{off} . Periode T_{on} didefinisikan sebagai periode waktu on dan T_{off} didefinisikan sebagai periode waktu off. Perbandingan antara T_{on} dan T_s adalah siklus kerja atau *duty cycle* D dari saklar SPDT.

Saklar SPDT mengubah tegangan sumber V_s menjadi gelombang persegi yang kemudian diteruskan ke filter ideal jenis low pass. Berdasarkan konsep fourier, maka v_x merupakan jumlah dari komponen DC dan harmonik sinusoida.



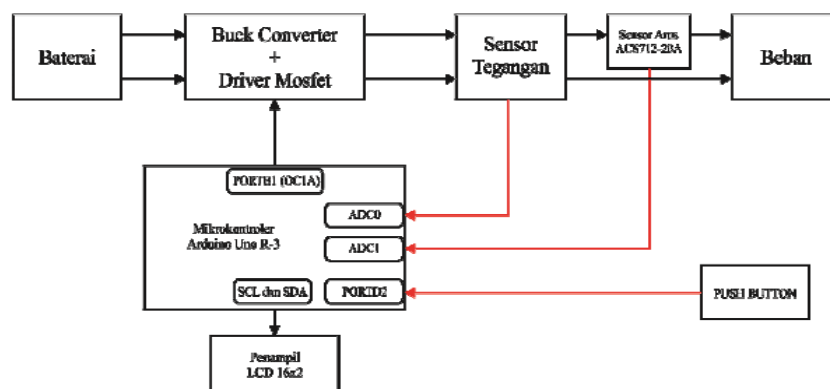
Gambar 7. Bentuk gelombang Buck converter

Perancangan yang baik dari sebuah buck converter adalah untuk mendapatkan tegangan keluaran yang stabil. Ketika buck converter dalam keadaan stabil, arus induktor berbentuk gelombang segitiga periodik dan tegangan keluaran mendekati konstan dengan komponen riak yang kecil [1]. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk menganalisis riak keluaran dari buck converter. Pada penelitian ini, estimasi riak keluaran dianalisis dengan menggunakan domain frekuensi dan teknik small-ripple approximation dengan mengasumsikan sebuah resistif murni sebagai beban dari buck converter.

3. METODE PENELITIAN

Perencanaan perancangan penelitian ini meliputi perencanaan sumber dan beban serta komponen perangkat keras yang akan digunakan dalam merancang buck converter, seperti : perancangan buck converter dengan menentukan parameter sistem (tegangan input, tegangan input minimal dan maksimal, frekuensi Pulse Width Modulation (PWM), arus maksimal, nilai induktor, nilai kapasitor, nilai diode, ripple arus output ($O \Delta I$), ripple tegangan output (ΔV_O)). Selain itu juga perancangan main board modul *Printed Circuit Board* (PCB), perancangan sensor tegangan dengan menggunakan prinsip dasar pembagi tegangan, serta mensimulasikan menggunakan PSIM professional Version 9.0.3.400.

Secara umum, diagram blok perencanaan perancangan penelitian perancangan buck converter ditunjukkan oleh Figure 8.



Gambar 8. Blok diagram perencanaan

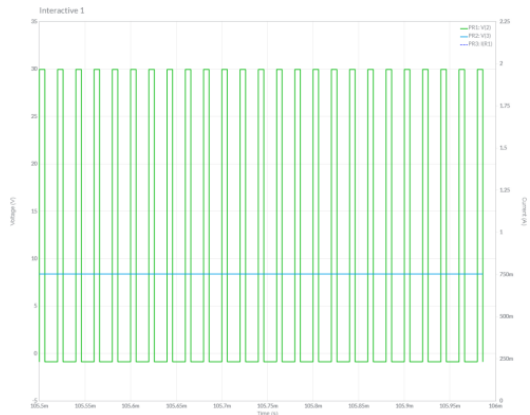
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian PWM

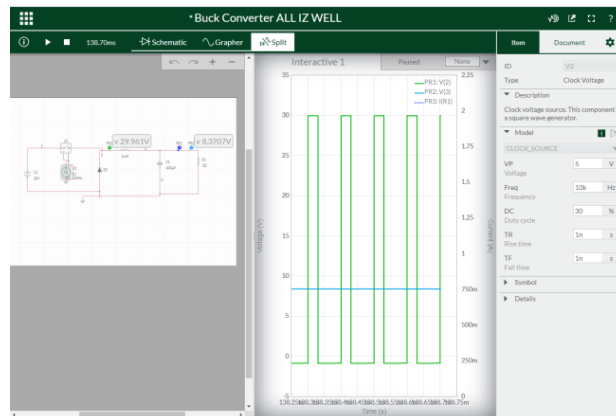
PWM (*Pulse Width Modulation*) pada mikrokontroler berfungsi untuk mengatur waktu ON dan OFF dari mosfet pada rangkaian *buck-boost converter*. Pada skripsi ini, PWM juga secara manual dapat mengubah lebar pulsa pada kondisi ON dan OFF dari mosfet. Tujuan pengujian PWM ini untuk mengetahui bahwa

PWM yang dihasilkan pada mikrokontroler sesuai dengan perancangan., Adapun hasil uji coba penelitian ini diantara sebagai berikut:

- 1). Frekuensi 10 kHz dan *duty cycle* 30%

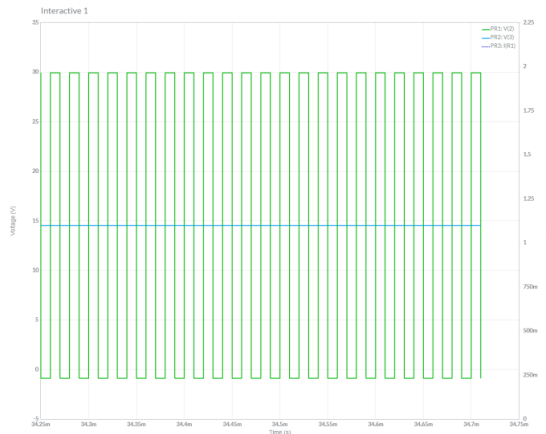


Gambar 9. Hasil Pengujian PWM 10 kHz dan *duty cycle* 30%

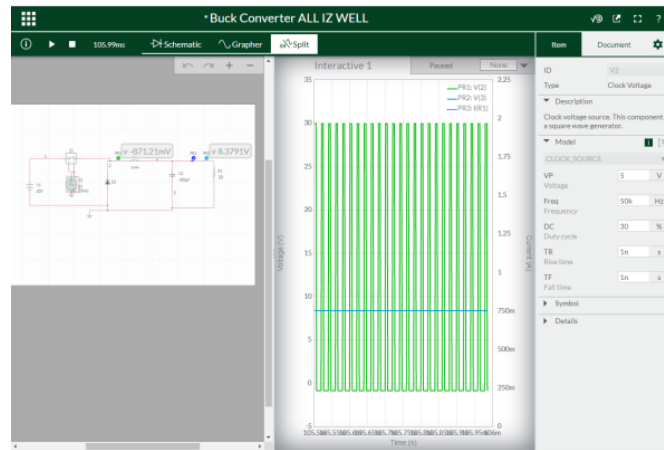


Gambar 10. Pengujian PWM 10 kHz dan *duty cycle* 30%

- 2). Frekuensi 50 KHz dan *Duty Cycle* 30%



Gambar 11. Pengujian PWM 10 kHz dan *duty cycle* 30%

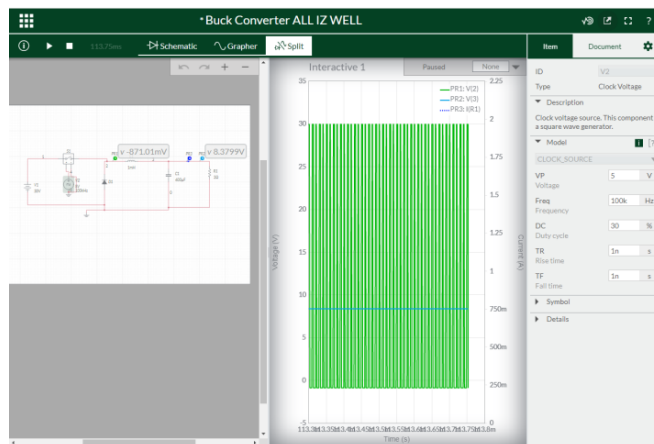


Gambar 12. Pengujian PWM 50 kHz dan *duty cycle* 30%

3). Frekuensi 100 kHz dan *duty cycle* 30%

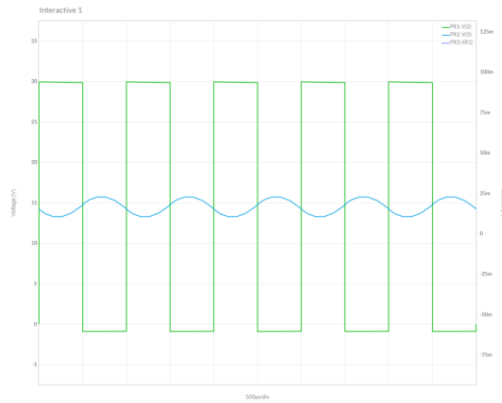


Gambar 13. Hasil Pengujian PWM 100 kHz dan *duty cycle* 30%

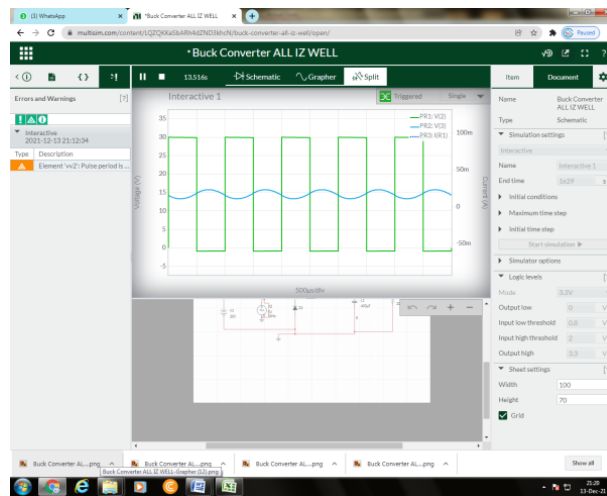


Gambar 14. Pengujian PWM 100 kHz dan *duty cycle* 30%

4). Frekuensi 10 kHz dan *duty cycle* 50%



Gambar 15. Hasil Pengujian PWM 10 kHz dan *duty cycle* 50%

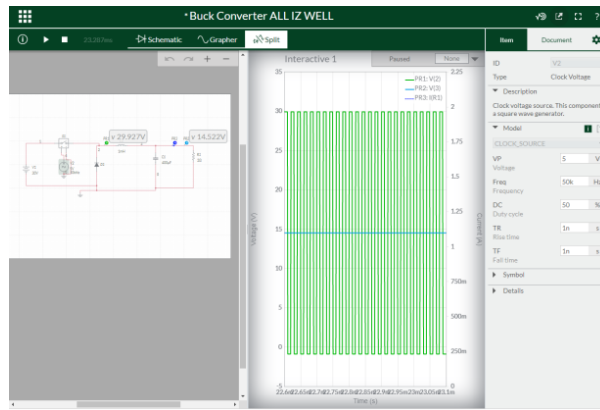


Gambar 16. Pengujian PWM 10 kHz dan *duty cycle* 50%

5). Frekuensi 50 kHz dan *duty cycle* 50%

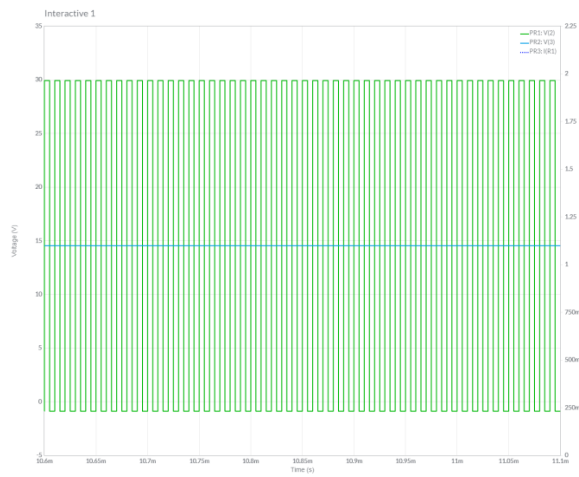


Gambar 17. Hasil Pengujian PWM 50 kHz dan *duty cycle* 50%

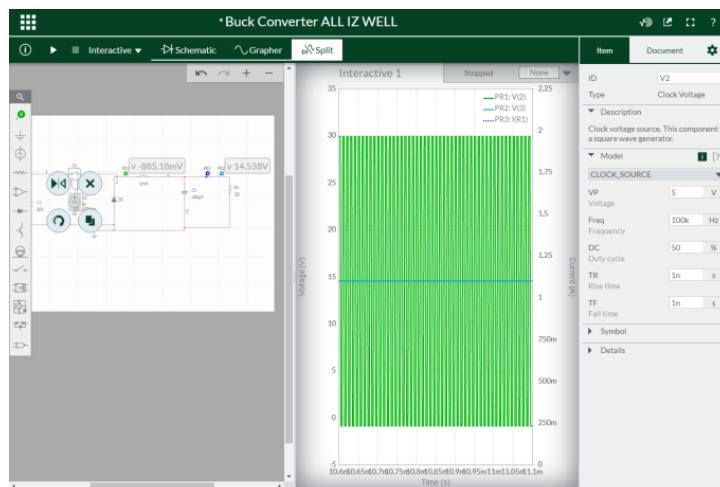


Gambar 18. Pengujian Hasil Pengujian PWM 50 kHz dan *duty cycle* 50%

6). Frekuensi 100 kHz dan *duty cycle* 50%

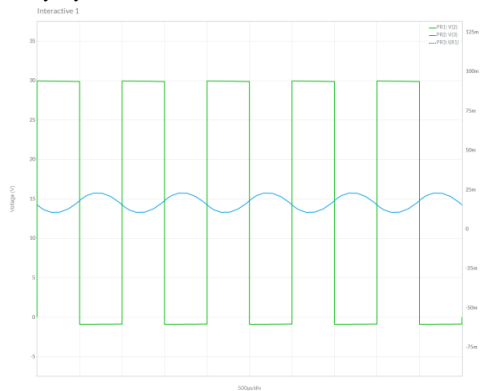


Gambar 19. Pengujian Hasil Pengujian PWM 50 kHz dan *duty cycle* 50%

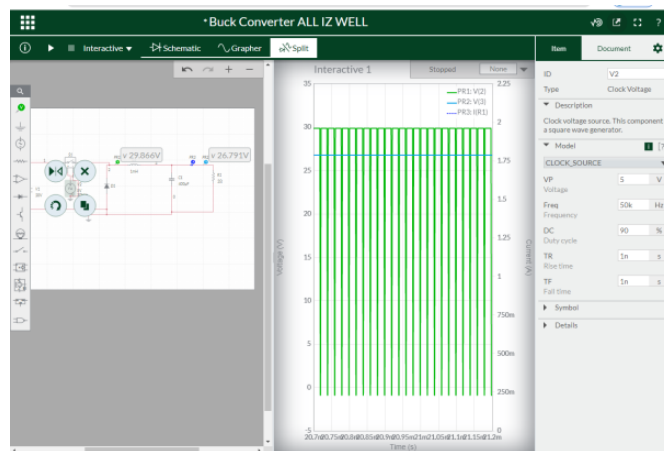


Gambar 20. Pengujian PWM 100 kHz dan *duty cycle* 50%

7). Frekuensi 10 kHz dan *duty cycle* 90%



Gambar 21. Hasil Pengujian PWM 10 kHz dan *duty cycle* 90%



Gambar 22. Pengujian PWM 10 kHz dan *duty cycle* 90%

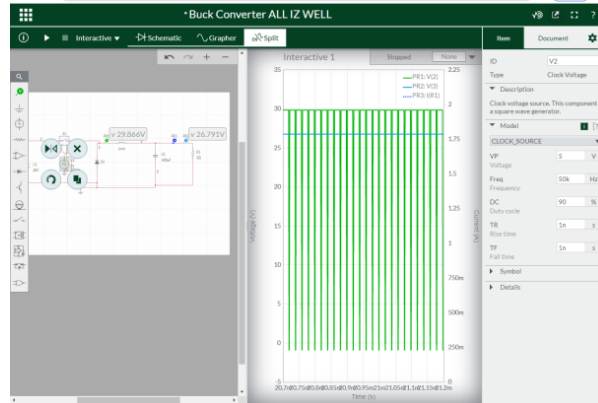
8). Frekuensi 100 KHz dan *Duty Cycle* 90%



Gambar 23. Pengujian Hasil Pengujian PWM 100 kHz dan *duty cycle* 90%

5. KESIMPULAN

Ripple yang lebih halus jika frekuensi-nya lebih besar. *Duty Cycle* mempengaruhi nilai output Tegangan pada *Buck Converter*. Nilai kapasitor dan resistor yang terdapat pada rangkaian daya *Buck Converter* mempengaruhi nilai *Ripple* keluaran tegangan pada frekuensi tertentu.



Gambar 24. Pengujian PWM 100 kHz dan *duty cycle* 90%

REFERENCES

- [1] R. Jannah, A. Murtono and S., Desain dan Analisis Ripple Tegangan dan Arus, Malang: ELKOLIND, 2017.
- [2] I. N. W. Satiawan, S. and I. B. F. Citarsa, Desain Buck Converter Untuk Charging Baterai Pada Beban Bervariasi, Mataram: Dielektrika, 2018.
- [3] A. R. Ichsan, M. Effendy and D. Suhardi, Studi Analisa Synchronous Rectifier Buck Converter Untuk Meningkatkan Efisiensi Daya Pada Sistem Photovoltaic, Malang: Kinetik, 2017.
- [4] 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, Jambi: Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi, 2018.
- [5] H. and R. M. Utomo, Rancang Bangun Dc – Dc Converter Berbasis Microcontroller STM32F4 dan Matlab/Simulink, Balikpapan: Jurnal Teknologi Terpadu, 2019.
- [6] A. S. Samosir, N. I. Tohir and A. Haris, Rancang Bangun Catu Daya Digital Menggunakan Buck Converter Berbasis Mikrokontroler Arduino, Lampung: Electrician, 2017.
- [7] I. Rifdian, Rancang Bangun DC-DC Konverter 300 Volt Jenis Buck Konverter, Surabaya: Jurnal Penelitian Politeknik Penerbangan Surabaya, 2017.
- [8] Y. Santoso, D. Setiawan and B. Kaloko, Rancang Bangun Sistem Pengisi Baterai Lead Acid Berbasis Mikrokontroler Atmega328 Dengan Sumber Stand-Alone Pv System, Jember: Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEDI), 2015.
- [9] F. Padillah, S. and S. , Perancangan dan Realisasi Konverter DC-DC Tipe Boost Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535, Bandung: Jurnal Reka Elkomika, 2014.
- [10] H.-L. Do, Single-Switch Buck Converter with a Ripple-Free, Seoul: Journal of Power Electronics, 2011.
- [11] Asnil, Analisis Riak Keluaran Buck Converter, Padang: Seminar Nasional FORTEL, 2015.
- [12] J. Simmons, Design and Control of an Alternative Buck PWM DC-to-DC Converter, Portland: Journal of Power and Energy Engineering, 2021.
- [13] N. B. M. Posdzi, Design buck converter with variable switching frequency by using matlab simulink simulation, Malaysia: International Journal of Technology, Innovation and, 2020.
- [14] F. Kurniawan, A Novel Boost-Buck Converter Architecture for Improving Transient Response and Output-Voltage Ripple, Yogyakarta: J. ICT Res. Appl., 2020.
- [15] R. M. O'CONNEL, On the output voltage ripple in the ideal boost and buck-boost dc–dc converters, -: INT. J. ELECTRONICS, 2003.

BIOGRAPHY OF AUTHORS



Fina Farhan, Universitas Nurul Jadid, Karanganyar, Paiton, Probolinggo
Email: fina.farhana91@gmail.com



Bambang Sujanarko, Universitas Jember, Jl. Kalimantan II/24, Kampus Bumi Tegal Boto, Jember
Email: sujanarko.teknik@unej.ac.id