

Perancangan Interleaved Boost Converter Dari 8-12 ke 24V Dengan Umpan Balik Tegangan

Adi Nurcahyo^{*1}, Sapto Nisworo², Dwi Novianto³, Reza Yusuf Kurniawan⁴

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro Universitas Tidar

^{*}Corresponding author, cahyonuradi22@gmail.com

Abstrak

Pemanfaatan tegangan DC sekarang ini kian masif dengan beragam kebutuhan, namun sumber tegangan yang didapat cenderung tidak stabil untuk memenuhi beban listrik yang ada maka perlu dilakukan penyesuaian tegangan agar bekerja semestinya dan tidak terjadi kerusakan pada beban yaitu dengan menambahkan sistim konverter DC-DC. Sebab dasar hal tersebut maka penelitian ini berfokus pada cara menaikkan tegangan DC dengan ripple yang minim dan sesuai dengan kebutuhan tegangan pada umumnya yaitu 12, 24, dan 48V, menggunakan metode pembangkitan PWM dengan teknik *interleaved* yang mana dapat mengurangi ripple dan sesuai untuk konversi daya yang besar. Pada penelitian kali ini penulis membuat *Interleaved Boost Converter* dengan batasan masukan 8 sampai 12V, dibebani dengan beban resistif berupa lampu bohlam 24V/1A. Diperoleh keluaran yang tetap terjaga pada tegangan 24V tanpa osilasi. *Ripple* tegangan input 240 mV dan *ripple* tegangan output yang dihasilkan sebesar 680 mV, sedangkan untuk *ripple* arus input 800 mA dan *ripple* arus output yang dihasilkan sebesar 560 mA. Kesimpulan diperoleh berdasar data yang diambil dari hasil pengujian bahwa menggunakan sistim control umpan balik tegangan dengan pembacaan dari sensor tegangan output dapat menjaga tegangan pada 24V, naiknya tegangan input berakibat ripple arus semakin kecil berbanding terbalik dengan ripple tegangan output yang semakin besar

INFO.

Info. Artikel:

No. 365

Received. February, 19, 2023

Revised. March, 28, 2023

Accepted. May, 19, 2023

Page. 202 – 213

Kata kunci:

- ✓ *Interleaved Boost Converter*
- ✓ *Umpan Balik Tegangan*
- ✓ *Ripple*

Abstract

The use of DC voltage is now increasingly massive with various needs, but the voltage source obtained tends to be unstable to meet the existing electrical load, so it is necessary to adjust the voltage so that it works properly and there is no damage to the load, namely by adding a DC-DC converter system. Because of this basis, this research focuses on how to increase the DC voltage with minimal ripple and according to the voltage requirements in general, namely 12, 24, and 48V, using the PWM generation method with the interleaved technique which can reduce ripple and is suitable for high power conversion. In this study, the authors made an Interleaved Boost Converter with an input limit of 8 to 12V, burdened with a resistive load in the form of a 24V/1A light bulb. The output is maintained at a voltage of 24V without oscillation. The input voltage ripple is 240 mV and the resulting output voltage ripple is 680 mV, while the input current ripple is 800 mA and the output current ripple is 560 mA. The conclusion is obtained based on data taken from the test results that using a voltage feedback control system with readings from the output voltage sensor can maintain the voltage at 24V, an increase in input voltage results in a smaller current ripple inversely proportional to the greater output voltage ripple

PENDAHULUAN

Dewasa ini terjadi peningkatan permintaan sumber daya tegangan DC terkait naiknya kebutuhan suplai penyimpanan pada energi baru terbarukan dan moda transportasi listrik [1]. Hal itu tentunya banyak menggunakan sistem penyimpanan untuk menyimpan tegangan DC, namun masalah hari-hari ini adalah suplai arus ke penyimpanan tidak menentu dan masih memiliki *ripple* yang besar. Oleh karena itu, perkembangan konversi daya DC-DC untuk menaikkan tegangan DC ke DC sangat dibutuhkan terkait keseimbangan suplai daya ke sistem penyimpanan agar terjadi kondisi yang tetap konstan dengan kualitas tegangan yang baik [2], [3].

Sistem konverter DC-DC berfungsi mengolah suatu sistem DC menjadi suatu sistem DC yang lain, misalnya menghasilkan tegangan output yang lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan input [4]. DC-DC converter terbagi menjadi *Boost* (penaik tegangan), *Buck* (penurun tegangan), dan *Buck-Boost converter* (penaik-penurun tegangan) [5], [6].

Boost converter yang umum digunakan adalah tipe *Boost converter* konvensional [7], [8]. Penggunaan *Boost converter* konvensional memiliki banyak kekurangan, yaitu keberadaan *ripple* arus input dan *ripple* arus output yang dapat mengurangi efisiensi dari konverter, selain itu rasio konversi pada *Boost converter* konvensional sangat rendah [9]. Salah satu yang disarankan untuk mengatasi kekurangan tersebut adalah menggunakan teknik *interleaving*.

Rangkaian *interleaved boost converter* merupakan rangkaian *boost converter konvensional* bertingkat yang terdiri dari dua saklar aktif MOSFET, dua dioda, dua induktor serta kapasitor dan beban, dengan koneksi parallel pembagian arus [10]. Jadi meminimalisir I^2R losses (rugi-rugi daya) dan tekanan arus diminimalisir, maka efisiensi keseluruhan karena alasan tersebut. Teknik *interleaved* memiliki beragam interkoneksi switching sehingga meningkatkan keefektifan sinkron frekuensi pulsa [11].

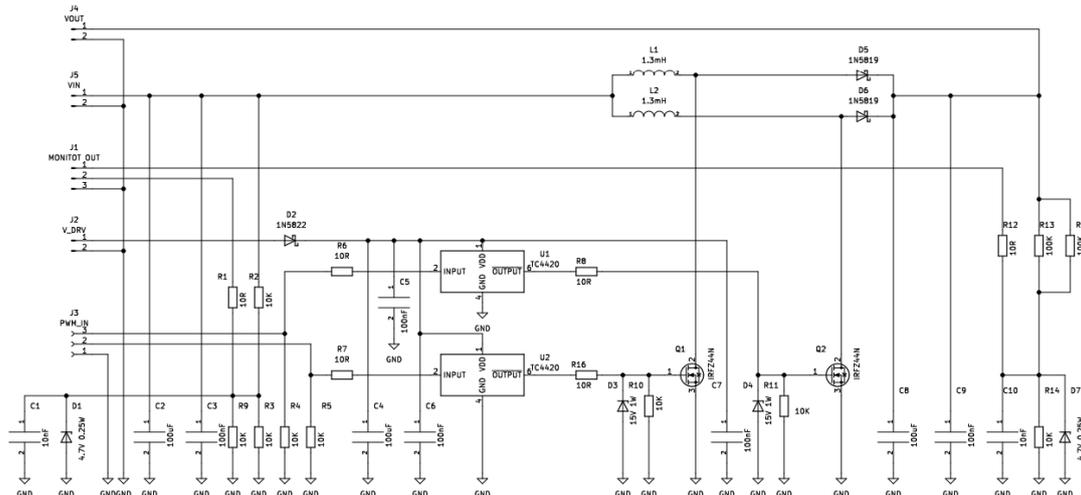
Teknik pengendalian PWM dapat dilakukan dengan pengaturan *duty cycle* agar tegangan keluaran sesuai dengan tujuan penelitian, untuk nantinya menghasilkan *ripple* tegangan dan arus yang lebih rendah. Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka penulis bermaksud melakukan penelitian dengan judul “Perancangan *Interleaved Boost Converter* 12 ke 24 V DC”, diharapkan penelitian tersebut dapat memberi manfaat untuk pengembangan perencanaan *Boost Converter* yang lebih aplikatif dengan konversi daya yang lebih baik serta *ripple* yang minim

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan eksperimen perancangan secara langsung. Tahapan - tahapan dalam penelitian meliputi studi pustaka, penentuan parameter-parameter komponen & perencanaan sistem, perancangan alat, pengujian & analisa, dan pengambilan data.

Rancangan Sistem

Rangkaian skematik *interleaved boost converter* dengan Arduino nano sebagai mikrokontroler untuk pembangkitan PWM dengan frekuensi 7.8 KHz, untuk pensaklaransemikonduktor menggunakan dua MOSFET IRFZ44N serta gate driver IC TC4420, dua induktor 1.3 mH, dua Schottky diode SR5100, dan 100 uF kapasitor.



Gambar 1. Skematik Interleaved Boost Converter

Menentukan Parameter Komponen Rangkaian

Penentuan nilai masing-masing komponen dilakukan sebelum pembuatan alat, hal ini dilakukan agar nantinya sesuai dengan nilai output tegangan dan *ripple* yang diperoleh. Berikut nilai parameter-parameter yang sudah ditetapkan.

Tabel 1. Parameter Komponen Rangkaian

Parameter	Nilai Implementasi
Tegangan Input (Vin)	8-12.5 VDC
Tegangan Output (Vout)	24 VDC
Duty Cycle (D)	66 %
Beban Resistansi (R)	24 Ω
Daya Output (P)	24 W
Frekuensi Switching (fs)	7.8 kHz
Ripple Arus Induktor	30 %
Ripple Tegangan Kapasitor Keluaran	0.5 %
Mode Konduksi Konverter/Induktor	CCM

Penentuan Nilai Duty Cycle

Pada penentuan duty cycle kali ini dengan nilai rentang tegangan input 8-12.5 VDC dilakukan dengan mengambil nilai tertinggi pada *duty cycle* dari kedua perhitungan

Perhitungan duty cycle untuk tegangan 8 V

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

$$D = 1 - \frac{8}{24}$$

$$D = 0.66$$

Perhitungan duty cycle untuk tegangan 12.5 V

$$D = 1 - \frac{12.5}{24} \quad (2)$$

$$D = 1 - \frac{V_{in}}{V_o}$$

$$D = 0.48$$

Dari hasil perhitungan yang diperoleh maka duty cycle yang digunakan adalah 0.66 atau 66 %, diambil nilai duty cycle yang lebih besar dilakukan karena nantinya lebih mampu menakomodasi nilai tegangan input pada rentang 8 sampai 12.5 VDC.

Penentuan nilai frekuensi Pulse Width Modulation (PWM)

Interleaved Boost Converter menggunakan dua buah sinyal PWM yang memiliki perbedaan fasa sebesar 180°. Sinyal pada rangkaian ini dihasilkan oleh mikrokontroler ATMEGA 328. Frekuensi osilator yang digunakan sebesar 16 MHz dengan mode *fast PWM*, berikut persamaan untuk memperoleh nilai frekuensi pensaklaran dari mikrokontroler [12].

$$f_{PWM} = \frac{f_{clock}}{N \times 256} \quad (3)$$

dimana:

N = Nilai Prescaler yaitu 1, 8, 64, 256, 1024

Dipilih N = 8, sehingga persamaannya sebagai berikut.

$$f_{PWM} = \frac{16 \times 10^6}{8 \times 256} \quad (4)$$

$$f_{PWM} = 7.8 \text{ KHz}$$

Jadi, frekuensi yang digunakan pada implementasi sebesar 7.8 KHz

Penentuan Nilai Induktor (L)

Interleaved Boost Converter memiliki 2 komponen induktor yang identik, yaitu memiliki nilai induktansi yang sama antara induktor 1 (L1) dan induktor 2 (L2) sama besar [13]. Sebelum mendapatkan nilai induktansi dari kedua induktor tersebut, kita harus mengetahui besar arus yang mengalir pada induktor tersebut Berikut persamaan untuk memperoleh besaran arus pada induktor.

Perhitungan besar nilai arus pada batas tegangan 8 V

$$I_L = \frac{V_{in}}{(1-D)^2 * R} \quad (5)$$

$$I_L = \frac{8}{(1-0.66)^2 * 24}$$

$$I_L = 2.883 \approx 2.9 \text{ A}$$

Ripple arus induktor

$$\Delta I_L = 30\% \times I_L \quad (6)$$

$$\Delta I_L = 0.3 \times 2.9$$

$$\Delta I_L = 0.87 \text{ A}$$

Setelah mendapat nilai arus induktor dan perhitungan *ripple*, kemudian dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai induktansi

$$L = \frac{DV_{in}}{\Delta I_L f} \quad (7)$$

$$L = \frac{0.66 \times 8}{0.87 \times 7.8 \times 10^3}$$

$$L = 0.77 \text{ mH}$$

Selanjutnya adalah mencari arus maksimal dan minimal yang yang mengalir pada induktor

Arus induktor maksimal

$$I_L \text{ max} = I_L \text{ avg} + \frac{\Delta I_L}{2} \quad (8)$$

$$I_L \text{ max} = 2.9 + \frac{0.87}{2}$$

$$I_L \text{ max} = 3.335 \text{ A}$$

Arus induktor minimal

$$I_L \text{ min} = I_L \text{ avg} - \frac{\Delta I_L}{2} \quad (9)$$

$$I_L \text{ min} = 2.9 - \frac{0.87}{2}$$

$$I_L \text{ min} = 2.465 \text{ A}$$

Perhitungan besar nilai arus pada batas tegangan 12.5 V

$$I_L = \frac{V_{in}}{(1-D)^2 * R} \quad (10)$$

$$I_L = \frac{12.5}{(1-0.48)^2 * 24}$$

$$I_L = 1.926 \approx 1.9 \text{ A}$$

Ripple arus induktor

$$\Delta I_L = 30\% \times I_L \quad (11)$$

$$\Delta I_L = 0.3 \times 1.9$$

$$\Delta I_L = 0.57 \text{ A}$$

Setelah mendapat nilai arus induktor dan perhitungan *ripple*, kemudian dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai induktansi

$$L = \frac{DV_{in}}{\Delta I_L f} \quad (12)$$

$$L = \frac{0.48 \times 12.5}{0.57 \times 7.8 \times 10^3}$$

$$L = 1.3 \text{ mH}$$

Selanjutnya adalah mencari arus maksimal dan minimal yang mengalir pada induktor

Arus induktor maksimal

$$I_L \text{ max} = I_L \text{ avg} + \frac{\Delta I_L}{2} \quad (13)$$

$$I_L \text{ max} = 1.926 + \frac{0.57}{2}$$

$$I_L \text{ max} = 2.211 \text{ A}$$

Arus induktor minimal

$$I_L \text{ min} = I_L \text{ avg} - \frac{\Delta I_L}{2} \quad (14)$$

$$I_L \text{ min} = 1.926 - \frac{0.57}{2}$$

$$I_L \text{ min} = 1.641 \text{ A}$$

Setelahnya induktor yang akan dipakai pada perancangan adalah yang bernilai lebih besar karena agar nantinya dapat mengakomodasi rentang output nilai tegangan dan *ripple* arus yang dihasilkan tetap pada parameter yang sudah ditetapkan, untuk itu maka nilai induktansi yang dipakai pada penelitian ini yaitu 1.3 mH

Penentuan Nilai Kapasitor

Kapasitor pada penelitian kali ini difungsikan untuk mengurangi *ripple* tegangan pada converter [13], nilai kapasitor yang digunakan harus lebih besar dari 70.5 μF agar nantinya *ripple* sesuai dengan parameter yang ada, karena di dalam kapasitor memiliki hambatan dalam. Namun nilai yang digunakan jangan terlalu besar karena akan timbul *delay*.

$$C \geq \frac{D}{R \left(\frac{\Delta V_0}{V_0} \right) f} \quad (15)$$

$$C \geq \frac{0.66}{24(0.005) * 7.8 \times 10^3}$$

$$C \geq 70.5 \mu\text{F}$$

Perancangan Induktor Toroid Ferit

Untuk mendapat nilai suatu induktor yang kita inginkan maka ada beberapa variabel yang harus diperhatikan yaitu bahan, spesifikasi kawat email, dan dimensi toroid.

Pemilihan bahan dan penentuan dimensi toroid

Pada penelitian kali ini menggunakan jenis induktor bentuk toroid dengan bahan ferit agar nantinya mendapat nilai induktansi yang lebih besar dan dimensi yang lebih kecil jika dibandingkan tipe solenoid. Karena bentuknya yang melingkar hal ini memberikan keuntungan, untuk medan induksinya tertutup sehingga tidak ada garis magnet yang keluar yang dapat menginduksi komponen lain. Dimensi toroid pada penelitian kali ini diukur untuk nantinya menentukan nilai permeabilitas bahan yang belum diketahui

Tabel 2. Spesifikasi Dimensi Toroid

Spesifikasi Dimensi Toroid	
Diameter luar	2.5 cm
Diameter dalam	1.5 cm
Tebal	2 cm



Gambar 2. Induktor Toroid

Mencari nilai permeabilitas toroid yang akan digunakan

Ferit yang dijual tidak dilengkapi dengan spesifikasi yang lengkap seperti permeabilitas dan frekuensi kerja pada datasheet, sebab hal tersebut maka dilakukan perhitungan untuk nantinya menentukan panjang kawat email yang dililit serta tebalnya untuk mendapat nilai induktif yang diharapkan.

Untuk mempermudah dalam mendapatkan nilai permeabilitas bahan, toroid dililitkan dengan kawat email 0.8 mm Supreme sebanyak 3 lilitan lalu dites menggunakan ESR meter untuk nantinya dibuat dasar persamaan memperoleh induktansi bahan dari dasar perolehan nilai induktansi tersebut. Berikut persamaan untuk memperoleh nilai induktansi bahan toroid



Gambar 1. Lilitan Toroid

$$L = \frac{\mu_p \mu_o N^2 A}{l} \tag{16}$$

$$\mu_p = \frac{L \times 2\pi r}{N^2 \mu_o \times \pi R^2}$$

$$\mu_p = \frac{0.19 \times 10^{-3} * 5 \times 10^{-2}}{113.04 * 225 \times 10^{-2}}$$

$$\mu_p = 3735.15$$

selanjutnya, ketika nilai permeabilitas bahan ditemukan maka dibuatlah peritungan untuk mencari jumlah lilitan dengan persamaan dan proses yang sama.

$$L = \frac{\mu_p \mu_o N^2 A}{l} \tag{17}$$

$$N^2 = \frac{L * 2\pi R}{\mu_o \mu_p * \pi r^2}$$
$$N^2 = \frac{6.5 \times 10^{-5}}{12.56 \times 10^{-7} * 3735.15 * (1.5 \times 10^{-2})^2}$$
$$N = \sqrt{61.57}$$
$$N = 7.87 \approx 8$$

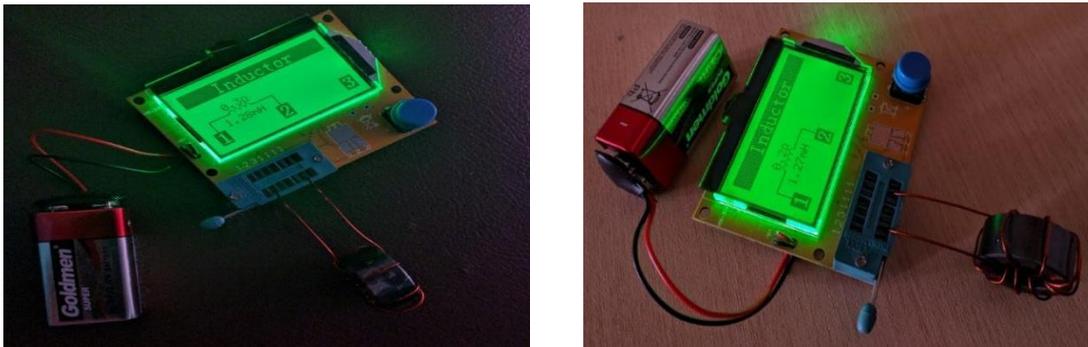
maka dari proses perhitungan yang sudah dilakukan untuk toroid dengan bahan ferit diperoleh jumlah lilitan sebanyak 8 lilitan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan analisis kemudian, merupakan luaran dari pengujian-pengujian yang dilakukan untuk memperoleh kesimpulan atas penelitian yang telah dilaksanakan. Berikut pengujian-pengujian yang akan dilakukan

Hasil Pengujian Nilai Induktor

Pengujian nilai induktor dilakukan untuk mengetahui apakah nilai induktor yang direncanakan sesuai dengan yang telah dibuat, untuk mengetes nilai pengujian ini diukur menggunakan LCR ESR meter. Nilai induktor hasil perhitungan diperoleh 1.3 mH, sedangkan untuk hasil pengukuran mendapat nilai induktor



Gambar 3. Nilai Pengukuran Induktor 1 dan 2

Pengujian Sinyal Interleaved PWM (*Pulse Width Modulation*)

Pengujian sinyal keluaran PWM pada penelitian Interleaved Boost Converter dilakukan pada osiloskop dengan menggunakan frekuensi yang sama 7.8 kHz, sehingga nantinya rangkaian *Interleaved Boost Converter* didapatkan dua buah sinyal PWM, yang memiliki pergeseran beda fasa 180° [14].



Gambar 4. Sinyal Fasa Interleaved

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya rangkaian ini menggunakan mode pensaklaran *Interleaved* yaitu model pensaklaran paralel dengan perbedaan fasa 180°, untuk nantinya agar dimungkinkan pensaklaran secara bergantian.

Hasil Pengujian Arus dan Tegangan

Pengujian arus dan tegangan bertujuan untuk mengetahui parameter awal terkait *ripple* input dan *output* yang sudah ditetapkan, serta tegangan *input* dan *output*.



Gambar 5. Gelombang Ripple Arus dan Tegangan

Dari gambar diatas *Interleaved Boost Converter* memiliki *ripple* tegangan input 240 mV dan *ripple* tegangan output yang dihasilkan sebesar 680 mV, sedangkan untuk *ripple* arus input 800 mA dan *ripple* arus output yang dihasilkan sebesar 560 mA.

Tabel 3. Pengujian Tegangan Input terhadap Tegangan Ripple Input dan Output

Vin (V)	ΔVin (Vp-p)	$\Delta Vout$ (Vp-p)
8	0,2	0,62
8,5	0,224	0,64
9	0,24	0,68
9,5	0,24	0,72
10	0,248	0,78
10,5	0,248	0,76
11	0,264	0,82
11,5	0,272	0,88
12	0,288	0,88

Diketahui bahwa tegangan ripple pada output menurun saat tegangan input turun. Hal ini disebabkan karena untuk menjaga tegangan tetap stabil, controller akan menaikkan *duty cycle* sehingga periode *on* MOSFET lebih lama yang mengakibatkan residu *switching* meningkat. Akibatnya tegangan ripple output naik.

Tabel 4. Pengujian Tegangan Input terhadap arus Ripple Input dan Output

Vin (V)	ΔIin (Ap-p)	$\Delta Iout$ (Ap-p)
8	1,08	0,72
8,5	1,04	0,72
9	0,96	0,68
9,5	0,88	0,63
10	0,88	0,66
10,5	0,72	0,6
11	0,72	0,56
11,5	0,68	0,56
12	0,64	0,56

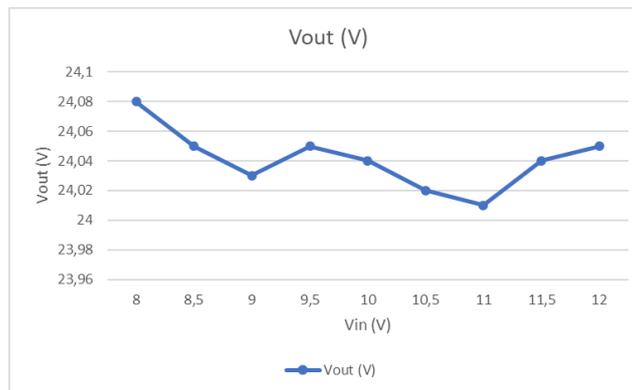
Dari hasil pengujian diketahui bahwa semakin kecil tegangan *input* maka semakin besar *ripple* arus yang dihasilkan, hal ini disebabkan karena *controller* menjaga tegangan output tetap stabil dengan meningkatkan *duty cycle*. Nilai *duty cycle* yang tinggi menyebabkan MOSFET bekerja lebih intensif dan menyebabkan induktor menyimpan energi yang lebih banyak. Sebab hal itu arus *ripple* input menjadi lebih besar pada tegangan input rendah.

Pengujian Terhadap Perubahan Input

Pengujian terhadap variasi perubahan *input* dilakukan untuk mengetes apakah converter mampu memberi toleransi tegangan input yang sudah direncanakan pada rentang tegangan *input* dari 8 sampai 12 V dan tegangan *output* dipertahankan sebesar 24 V. Berikut hasil data yang ditulis pada tabel.

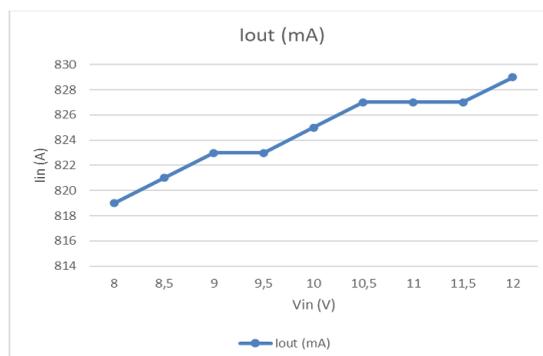
Tabel 5. Pengujian Tegangan Input terhadap Tagangan Output, Arus Output, dan Arus Input

Vin (V)	Vout (V)	Iout (mA)	Iin (A)
8	24,08	819	3,97
8,5	24,05	821	3,88
9	24,03	823	3,83
9,5	24,05	823	3,72
10	24,04	825	3,27
10,5	24,02	827	3,35
11	24,01	827	3,69
11,5	24,04	827	3,39
12	24,05	829	3,13



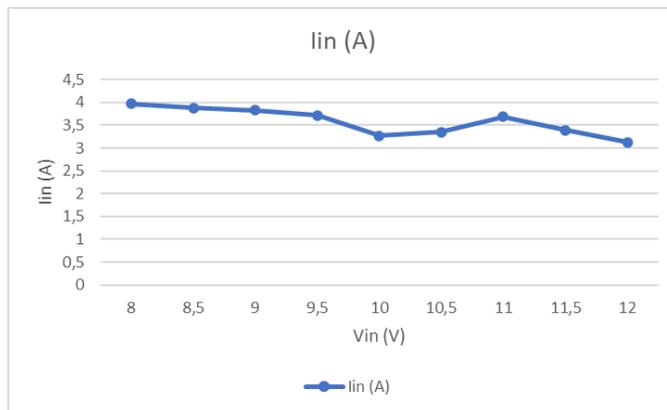
Gambar 6. Grafik Perubahan Terhadap Tegangan Output

Pada tabel tersebut terlihat bahwa dari variabel nilai input tegangan dari rentang 8 sampai 12V nilai output konverter dapat terjaga pada output 24V, dengan proses umpan balik tegangan yaitu mengirimkan nilai error yang didapat dari sensor output untuk nantinya diolah oleh mikrokontroler untuk disesuaikan nilai *duty cycle* dengan proses DAC agar tegangan tetap terjaga pada nilai yang diharapkan



Gambar 8. Grafik Perubahan Terhadap Arus Output

Hasil pengujian dengan perubahan tegangan input dari 8 sampai 12 didapat nilai arus output semakin naik seiring dengan naiknya nilai tegangan, namun kenaikan tersebut masih pada nilai 800 mA dengan tetap mempertahankan nilai tegangan rerata pada 24V menggunakan umpan balik tegangan.

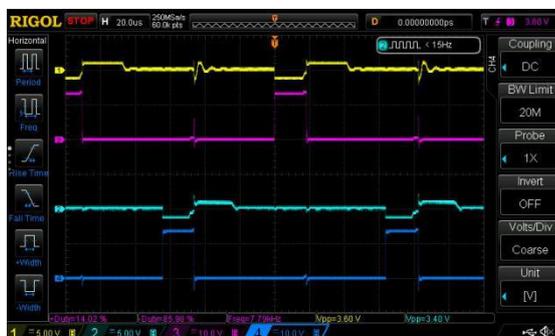


Gambar 9. Grafik Perubahan Terhadap Arus Input

Hasil analisis pengujian didapatkan bahwa untuk menjaga output keluaran tetap pada rentang tegangan 24V, yaitu jika tegangan input kecil maka untuk mendapatkan tegangan tetap pada nilai 24V diperlukan usaha duty cycle yang lebih besar, begitupula dengan nilai arus yang dikeluarkan untuk tetap menjaga nilai tegangan output yang diharapkan dengan nilai tegangan input yang kecil.

Pengujian Induktor Terhadap Tegangan

Pengujian Induktor terhadap tegangan dilakukan apakah mampu menyimpan energi dalam bentuk magnet dan mengetahui apakah induktor bekerja dengan menerima dan melepaskan energi dalam interval waktu tertentu dalam mode *switching interleaved* [15], [16].



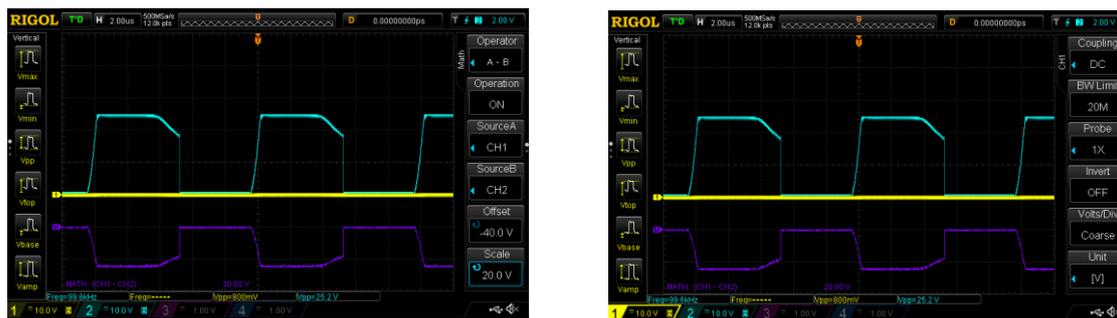
Gambar 10. Pengujian Respon Induktor Terhadap

Berdasar pengujian tersebut diperoleh bahwa saat PWM mengumpan maka induktor akan *discharge*, begitupula terjadi dengan fasa kedua dengan perbedan fasa 180°.

Berdasar pengujian diperoleh bahwa saat MOSFET *on* maka induktor dalam kondisi *charging mode* sehingga tiada arus yang dialirkan oleh induktor, pada kondisi ini induktor akan bekerja sebagai komponen pasif yang menerima arus dari tegangan sumber. Kondisi MOSFET *off* maka arus induktor akan berkurang atau *discharging mode*, saat kondisi ini induktor akan menjadi sumber arus atau sumber tegangan sehingga polaritas berubah.

Pengukuran Tegangan Induktor

Pengukuran Tegangan Induktor menggunakan metode *differential probing*. Metode ini merupakan metode pengukuran yang dilakukan dengan mengguakan dua buah probe dimana hasil pengukuran diperoleh dari hasil pengurangan pembacaan tegangan probe pertama dikurangi probe kedua.



Gambar 7. Pengukuran Tegangan Induktor 1 dan 2

Trace kuning adalah hasil pembacaan tegangan sebelum induktor. Trace biru muda adalah hasil pembacaan tegangan setelah induktor. Trace biru tua adalah hasil pengurangan trace kuning dan trace biru muda. Saat MOSFET bekerja, tegangan induktor sama dengan tegangan input converter. Saat MOSFET mati tegangan induktor polaritasnya akan terbalik sehingga tegangan output adalah hasil penjumlahan tegangan input ditambah tegangan induktor.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa *Interleaved Boost Converter* mampu menjaga tegangan tetap pada 24V dengan pembebanan tetap 24W menggunakan umpan balik tegangan. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh bahwa saat PWM mengumpan maka induktor akan *charge-discharge*, begitupula terjadi dengan fasa kedua dengan perbedaan fasa 180° . Selanjutnya, *Interleaved Boost Converter* memiliki *ripple* tegangan input sebesar 288 mV, sedangkan *ripple* tegangan output sebesar 880 mV. *Interleaved Boost Converter* juga memiliki *ripple* arus input sebesar 640 mA, sedangkan *ripple* arus output sebesar 540 mA.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. V. B. Kumar and K. Palanisamy, "Interleaved Boost Converter for Renewable Energy Application with Energy Storage System," in *2019 IEEE 1st International Conference on Energy, Systems and Information Processing (ICESIP)*, Jul. 2019, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICESIP46348.2019.8938306.
- [2] M. A. Harimon, A. Ponniran, A. N. Kasiran, and H. H. Hamzah, "A Study on 3-phase Interleaved DC-DC Boost Converter Structure and Operation for Input Current Stress Reduction," *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, vol. 8, no. 4, p. 1948, Dec. 2017, doi: 10.11591/ijpeds.v8.i4.pp1948-1953.
- [3] S. Farhani, A. N'Diaye, A. Djerdir, and F. Bacha, "Design and practical study of three phase interleaved boost converter for fuel cell electric vehicle," *J. Power Sources*, vol. 479, p. 228815, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.jpowsour.2020.228815.
- [4] S. Radhika and V. Margaret, "A Review on DC-DC Converters with Photovoltaic System in DC Micro Grid," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1804, no. 1, p. 012155, Feb. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1804/1/012155.
- [5] S. Nahar and M. B. Uddin, "Analysis the performance of interleaved boost converter," in *2018 4th International Conference on Electrical Engineering and Information & Communication Technology (ICEEICT)*, Sep. 2018, pp. 547–551. doi: 10.1109/CEEICT.2018.8628104.
- [6] M. Rashid, *Power Electronics Handbook*. Florida, 2018.
- [7] Vebbryadi Vebbryadi, "Analisis Tegangan Keluaran DC-DC Boost Coverter Berbasis Mikrokontroler," *J. Penelit. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 1, no. 2, pp. 24–31, May 2022, doi: 10.55606/juprit.v1i2.469.
- [8] R. Setiawan and M. Yuhendri, "Implementasi DC-DC Boost Converter Menggunakan Arduino Berbasis Simulink Matlab," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [9] M. . Mazta, A. . Samosir, and A. Haris, *Rancang Bangun Interleaved Boost Converter Berbasis Arduino*. 2016.
- [10] R. R. O. Sasue, "Perbaikan Efisiensi Interleaved Boost Converter 200 W Pada Kondisi Beban Rendah Menggunakan Skema Pensaklaran Adaptif," *Telematika*, vol. 11, no. 1, p. 37, Feb. 2018, doi: 10.35671/telematika.v11i1.605.
- [11] K. Faraj and J. Hussain, "Analysis and Comparison of DC-DC Boost Converter and Interleaved DC-DC Boost Converter," *Eng. Technol. J.*, vol. 38, no. 5, pp. 622–635, May 2020, doi: 10.30684/etj.v38i5A.291.
- [12] R. . Kananthoor and B. . Rao, *Interleaved Boost Converter*. 2019.

-
- [13] A. Mohammad, *Desain Konverter Elektronika Daya (edisi revisi)*. Penerbit Informatika, 2021.
- [14] M. P. Jati, G. Basuki, and H. Hasnira, "Kendali Fuzzy Logic - Interleaved Boost Converter pada Aplikasi Motor DC," *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.*, vol. 5, no. 2, pp. 102–111, Dec. 2020, doi: 10.21831/elinvo.v5i2.40698.
- [15] H. M. H. Farh, A. M. Eltamaly, and M. S. Al-Saud, "Interleaved boost converter for global maximum power extraction from the photovoltaic system under partial shading," *IET Renew. Power Gener.*, vol. 13, no. 8, pp. 1232–1238, Jun. 2019, doi: 10.1049/iet-rpg.2018.5256.
- [16] M. Packnezhad and H. Farzanehfard, "Fully Soft Switched Interleaved High Step-Up/Down Bidirectional Converter With no Pulsating Current at Low Voltage Source," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 69, no. 11, pp. 10993–11000, Nov. 2022, doi: 10.1109/TIE.2021.3120484.