

INVESTIGASI KINERJA FLYBACK KONVERTER DENGAN MODE KONDUKSI KONTINYU BERBASIS KONTROL PI

Aulia Adela¹, I Ketut Wiryajati², I Nyoman Wahyu Satiawan³

^{1,2,3} Universitas Mataram Jl. Majapahit No. 62, Mataram, Lombok NTB Indonesia

Received: 1 April 2024

Accepted: 31 Juli 2024

Published: 7 Agustus 2024

Keywords:

Flyback konverter;
MATLAB;
PID;

Correspondent Email:

auliadelllll@gmail.com

Abstrak. *Flyback* konverter adalah salah satu jenis konverter *DC-DC* yang umum digunakan dalam aplikasi elektronik. Dalam penelitian ini, dilakukan simulasi *flyback* konverter. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak simulink MATLAB untuk memvalidasi desain dan parameter yang diinginkan. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan nilai *duty cycle* dari 5% hingga 99% dengan tegangan *input* tetap sebesar 48 V dan frekuensi operasi sebesar 25 kHz. Pada saat *range duty cycle* antara 5% - 60%, nilai arus masukan adalah 0,00048 A, dan tegangan *output* yang dihasilkan berada dalam *range* 0,1505 V – 1,792 V. Sedangkan pada saat *range duty cycle* antara 65% - 99%, nilai arus yang diperoleh adalah 0,0004801 A, nilai tegangan yang dihasilkan mencapai *range* 1,939 V – 2,939 V. Dengan demikian, hasil dari pengujian tersebut adalah terdapat hubungan antara *duty cycle* dan tegangan keluaran pada *flyback* konverter. Dimana tegangan keluaran cenderung meningkat seiring dengan peningkatan *duty cycle*. Selain itu, arus *input* yang tinggi juga dapat mempengaruhi tegangan keluaran. Dimana tegangan keluaran cenderung meningkat seiring dengan peningkatan arus masukan.

Abstract. *Flyback converters* are one type of *DC-DC* converter commonly used in electronic applications. In this study, a converter *flyback* simulation was carried out. The simulation was performed using MATLAB simulink software to validate the design and desired parameters. The test was conducted by varying the *duty cycle* value from 5% to 99% with a fixed input voltage of 48 V and an operating frequency of 25 kHz. When the *range duty cycle* is between 5% - 60%, the input current value is 0.00048 A, and the output voltage produced is in the range of 0.1505 V - 1.792 V. While when the *range duty cycle* is between 65% - 99%, the current value obtained is 0.0004801 A, the resulting voltage value reaches a range of 1.939 V - 2.939 V. Thus, the result of the test is that there is a relationship between the *duty cycle* and the output voltage on the converter *flyback*. Where the output voltage tends to increase along with the increase in *duty cycle*. In addition, the high input current can also affect the output voltage. Where the output voltage tends to increase along with the increase in input current.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat beriringan dengan perkembangan

teknologi elektronik yang ada. Oleh karena itu, energi listrik memegang peranan penting dalam perkembangan teknologi masa depan [1].

Perkembangan teknologi komponen dan rangkaian elektronika khususnya elektronika daya telah mampu menghasilkan sistem penyedia daya tegangan *DC* (*Direct Current*), yang dihasilkan melalui konversi tegangan *DC* masukan ke bentuk tegangan *DC* keluaran yang lebih tinggi atau lebih rendah. Konversi tegangan *DC* ini biasa disebut sebagai *DC to DC converter*. Pada perkembangannya, penerapan *DC to DC converter* banyak diaplikasikan pada sumber energi baru dan terbarukan (*renewable energy*) seperti tenaga surya. Tegangan *DC* yang dihasilkan dari sumber energi terbarukan ini bersifat fluktuatif (berubah-ubah) [2]. Berbagai konfigurasi *DC to DC* konverter telah banyak dikembangkan, diantaranya adalah jenis *DC to DC* konverter yang memiliki isolasi dielektrik antara tegangan masukan dan keluaran, atau biasa disebut sebagai *isolated DC to DC* konverter.

Konverter yang umum digunakan adalah konverter *non-isolated* karena jenis konverter ini paling sederhana mudah diimplementasikan dan mudah didapatkan dipasaran. Sayangnya, jenis konverter ini memiliki kekurangan saat terjadi gangguan langsung pada beban yang dapat berdampak pada sumber daya. Oleh karena itu, dibutuhkan konverter terisolasi untuk mengatasi masalah tersebut [3]. *Flyback* konverter merupakan suatu bentuk konverter terisolasi yang memiliki kapasitas daya maksimal hingga 150 Watt. Konverter ini memiliki kemampuan untuk meningkatkan tegangan keluaran, yang dapat disesuaikan dengan mengatur nilai *duty cycle* [4].

Catu daya yang beroperasi dalam mode pensaklaran memiliki efisiensi yang lebih tinggi daripada catu daya linier. Karena alasan ini, hampir seluruh sistem catu daya terkini menggunakan mode pensaklaran atau dikenal sebagai *Switched Mode Power Supply* (SMPS). Salah satu jenis konverter arus searah yang umum digunakan adalah *flyback* konverter yang memastikan adanya isolasi antara *input* dan *output*. Saat MOSFET dalam keadaan aktif, tegangan dari sumber daya akan mengalir melalui induktansi magnetik trafo (L_m), menyebabkan arus induktansi magnetik (i_{Lm}) naik secara linier, sementara dioda di *output* akan menjadi *reverse bias*. Pada saat MOSFET tidak aktif, energi yang tersimpan dalam induktansi magnetik akan dialirkan melalui

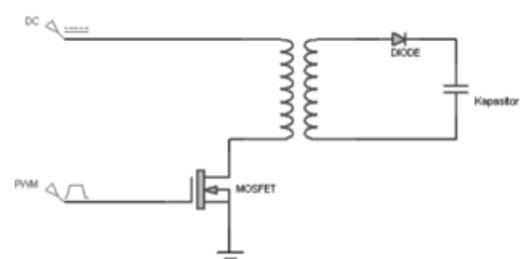
trafo dan dioda di *output* yang bersifat *forward bias*, sehingga arus dapat mengalir ke beban [5].

Dalam penelitian ini dirancang *flyback* konverter untuk mendapatkan tegangan *output* yang lebih besar maupun lebih kecil dari tegangan *input*. Tegangan *output* pada *flyback* konverter dikendalikan dengan mengatur nilai *duty cycle* dari PWM. Konverter *flyback* juga memiliki transformator frekuensi tinggi yang berfungsi sebagai induktornya. Mikrokontroler yang digunakan untuk mengendalikan tegangan yaitu arduino uno. Selain sebagai pengendali tegangan arduino uno juga dapat mengendalikan nilai pada *duty cycle* maupun nilai frekuensi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 DC-DC Flyback Konverter

DC-DC konverter adalah perangkat elektronik daya yang mengubah tegangan *DC* input menjadi tegangan *DC output* dengan nilai yang lebih tinggi atau lebih rendah. Ada dua jenis *DC-DC* konverter isolasi dan non-isolasi. Konverter isolasi memiliki delapan jenis berdasarkan konfigurasi. Penelitian ini menggunakan *flyback* konverter, salah satu jenis konverter isolasi yang umum digunakan untuk *Unit Power Supply* (UPS). *Flyback* konverter merupakan pengembangan dari konverter buck-boost dan memiliki kemampuan isolasi antara *output* dan *input* karena adanya transformator. Ketika saklar disambungkan, energi disimpan didalam transformator dan tegangan yang diinduksi di sekunder membuat dioda terhubung secara terbalik. Komponen utama dari *flyback* konverter mencakup MOSFET, transformator, dioda, dan kapasitor. Rangkaian *flyback* konverter ditunjukkan pada gambar 1 [6].

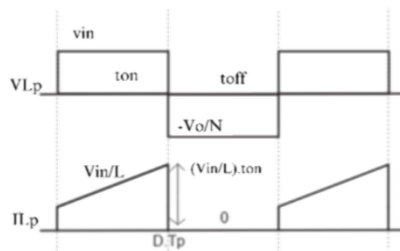


Gambar 1. Dc-dc konverter.

Konverter *flyback* adalah jenis konverter *dc-dc* menggunakan trafo dengan

penguatan tegangan yang lebih tinggi dari pada konverter dasar seperti buck atau boost karena perbandingan jumlah lilitan (N) di kedua sisi transformator. Konverter *flyback* beroperasi dalam dua mode yang berbeda [7] :

a. Continuous Conduction Mode (CCM)



Gambar 2. Bentuk gelombang CCM.

Ketika *switch* dalam keadaan *on*, arus pada induktansi magnetisasi meningkat secara linear dengan asumsi tegangan input yang tetap. Penting untuk memperhatikan nilai *peak-to-peak* dan *ripple* arus magnetisasi untuk mengestimasi kerugian pada transformator. Dalam mode CCM, nilai *peak-to-peak* arus menjadi lebih besar karena energi yang tersimpan pada inti transformator selama siklus aktif. Nilai arus magnetisasi dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$I_L = \frac{V_{in}}{L_m} t_{on} + I_L(0) \dots \dots \dots (1)$$

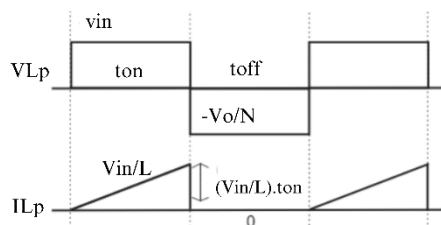
Dimana:

$I_L(0)$: nilai arus awal pada sisi primer ketika *switch* dalam keadaan *on*

V_{in} : nilai tegangan input

L_m : induktansi magnetisasi

b. Discontinuous Conduction Mode (DCM)



Gambar 3. Bentuk gelombang DCM.

Mode operasi ini terjadi ketika energi dari sisi primer dapat dialirkan ke sisi sekunder dalam satu periode waktu. Pada mode ini, arus pada awalnya menjadi nol karena semua energi dalam satu inti transformator telah dipindahkan ke sisi sekunder ketika sakelar dimatikan.

Hubungan antara tegangan *output* dan faktor utama dapat dirumuskan sebagai berikut [8] :

$$V_o = V_{in} \times D \times \sqrt{\frac{R}{2 \times L_p \times f}} \dots \dots \dots (2)$$

2.2 Matlab

MATLAB adalah singkatan dari MATrix LABoratory, sebuah bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh The Mathwork Inc dengan fungsi dan karakteristik unik untuk komputasi teknik, visualisasi, komputasi matematika, analisis data, pengembangan algoritma, simulasi, dan pemodelan. MATLAB menyediakan ratusan fungsi untuk menyelesaikan berbagai persamaan dalam bidang teknik dan ilmu pengetahuan, dari yang sederhana hingga kompleks dilingkungan rekayasa. Diindustri, MATLAB sering digunakan untuk penelitian dengan produktivitas tinggi, pengembangan, dan analisis [9].

2.3 Sistem Pengendali PI dan PID

Pengendali PID, singkatan dari *Proportional Integral Derivative* merupakan kombinasi dari tiga aksi kontrol utama, yaitu proporsional (K_p), integral (K_i), dan turunan tambahan (K_d). Penggunaan pengendali PID sangat luas di industri, mencapai sekitar 90%. Karena bila dikonfigurasi dengan baik, mampu memberikan kendali yang sangat efektif. Keuntungan utama dari penggunaan PID adalah kemudahannya dalam implementasi dan sifatnya sederhana. Dalam merancang sistem kendali PID, nilai-nilai parameter P, I, dan D disesuaikan untuk mencapai respons keluaran yang diinginkan. Setiap parameter memiliki peran dan fungsi yang berbeda dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing. Dalam prakteknya, pengendali PID dapat bekerja sendiri atau dalam kombinasi. Secara umum, pengendalian turunan (*derivate*) efektif ketika digunakan bersama dengan pengendali lainnya, terutama dalam konteks peralihan periode, karena sifat efektifnya dalam lingkup yang terbatas [10].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Perancangan Flyback Konverter

Penulis melakukan simulasi rangkaian *flyback* konverter menggunakan simulink

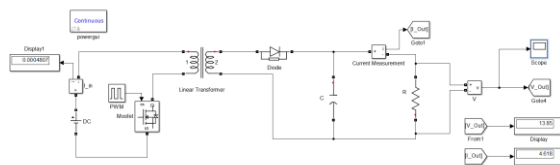
MATLAB. Setelah itu nilai-nilai parameter yang diperlukan untuk merancang dan mensimulasikan *flyback* konverter ditentukan. Tujuan utamanya adalah mencapai daya keluaran sebesar 50 W dengan mempertahankan tegangan keluaran tetap pada 12 V, yang tidak akan terpengaruh oleh fluktuasi tegangan *input* atau perubahan beban.

Tabel 1. Spesifikasi *flyback* konverter

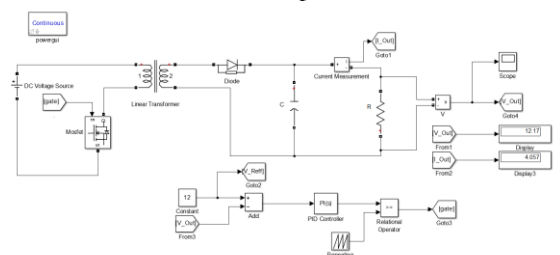
Parameter	Nilai
Tegangan <i>Input</i>	48 V
Tegangan <i>Output</i>	12 V
Daya	100 W
Beban	2.88 Ohm
Kapasitor Output	2000 μF
Induktor magnetisasi (L_m)	110 μH
Frekuensi	25 kHz

3.2 Simulasi Flyback Konverter

Flyback konverter memiliki tegangan *input* sebesar 48 V dan tegangan *output* 12 V. Stabilitas tegangan *output* harus dijaga meskipun terjadi fluktuasi pada tegangan *input* atau beban. Untuk mencapai tegangan *output* yang konsisten, digunakan kontroler PID yang mengatur nilai *duty cycle* berdasarkan perbedaan nilai yang terdeteksi. Simulasi dilakukan dengan mempergunakan parameter komponen yang telah ditetapkan sebelumnya. Simulasi dari rangkaian *flyback* konverter dapat dilihat pada gambar 4 dan 5.



Gambar 5. Rangkaian *flyback* konverter open loop



Gambar 6. Rangkaian *flyback* konverter close loop

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Simulasi Flyback Konverter

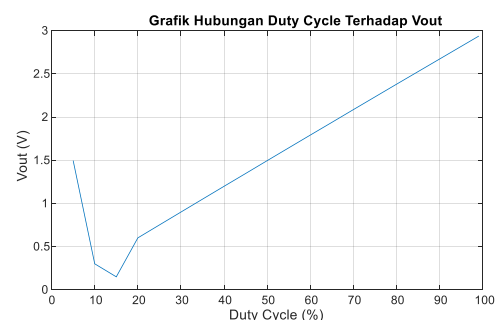
Dalam pengujian ini, dilakukan dengan memvariasikan nilai *duty cycle* untuk mengetahui nilai tegangan keluaran. *Range duty cycle* dari 5% - 99% dengan tegangan *input* 48 V untuk mendapatkan hasil pengukuran tegangan dan arus *input* maupun *output*.

Tabel 2 Hasil pengujian *flyback* konverter

No.	Duty Cycle	Hasil Pengujian				Hasil Perhitungan		
		Vin(V)	Im(I)	Vo(V)	Io(I)	Pin(Watt)	Po(Watt)	%error
1	5%	48	0,00048	1,496	0,4986	0,02304	0,7459056	1,496%
2	10%	48	0,00048	0,3013	0,1004	0,02304	0,03025052	0,3013%
3	15%	48	0,00048	0,1505	0,4515	0,02304	0,06795075	0,1505%
4	20%	48	0,00048	0,6015	0,2005	0,02304	0,12060075	0,6015%
5	25%	48	0,00048	0,7512	0,2504	0,02304	0,18810048	0,7512%
6	30%	48	0,00048	0,9007	0,3002	0,02304	0,27039014	0,9007%
7	35%	48	0,00048	1,05	0,3499	0,02304	0,367395	1,05%
8	40%	48	0,00048	1,199	0,3996	0,02304	0,4791204	1,199%
9	45%	48	0,00048	1,347	0,4491	0,02304	0,6049377	1,347%
10	50%	48	0,00048	1,496	0,4986	0,02304	0,7459056	1,496%
11	55%	48	0,00048	1,644	0,548	0,02304	0,900912	1,644%
12	60%	48	0,00048	1,792	0,5972	0,02304	1,0701829	1,792%
13	65%	48	0,0004801	1,939	0,6464	0,0230448	1,2533696	1,939%
14	70%	48	0,0004801	2,087	0,6955	0,0230448	1,4515085	2,087%
15	75%	48	0,0004801	2,234	0,7446	0,0230448	1,6634364	2,234%
16	80%	48	0,0004801	2,381	0,7935	0,0230448	1,8893235	2,381%
17	85%	48	0,0004801	2,527	0,8424	0,0230448	2,1287448	2,527%
18	90%	48	0,0004801	2,673	0,8911	0,0230448	2,3819103	2,673%
19	95%	48	0,0004801	2,819	0,9398	0,0230448	2,6492962	2,819%
20	99%	48	0,0004801	2,936	0,9787	0,0230448	2,8734632	2,936%

4.2 Pengaruh Duty Cycle Terhadap Flyback Konverter

Pada pengujian ini, dilakukan dengan memvariasikan nilai *duty cycle*. Nilai arus yang dihasilkan adalah 0.00048 A dan 0.0004801 A. Frekuensi yang dipakai adalah 25 kHz.



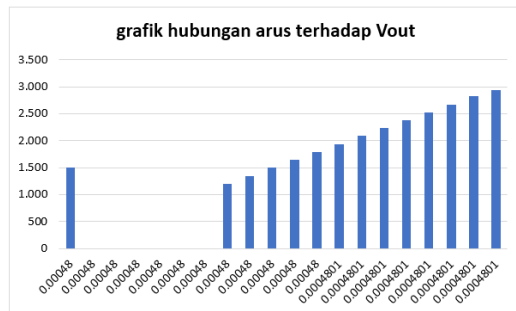
Gambar 7. Grafik *duty cycle* terhadap *Vout*

Pada setiap nilai *duty cycle* yang diberikan, variasi tegangan keluaran terjadi. Pengaruh *duty cycle* terhadap tegangan keluaran cenderung beranding lurus. Dimana semakin besar nilai *duty cycle* yang diberikan

maka tegangan keluaran yang dihasilkan semakin besar. Pengaruh *duty cycle* terhadap tegangan keluaran juga terlihat proporsional arus pengujian.

4.3 Pengaruh Arus Terhadap Flyback Konverter

Dari hasil pengujian dengan memvariasikan nilai *duty cycle* didapatkan nilai arus masukan 0,00048 A dan 0,0004801 A.



Gambar 8. Grafik V_{out} terhadap arus

Pada dasarnya arus *input* yang tinggi dapat mempengaruhi tegangan keluaran pada *flyback* konverter. Pada data hasil pengujian arus *input* saat *range duty cycle* 5% - 60% adalah 0,00048 A. Nilai tegangan output yang dihasilkan mencapai *range* 0,1505 V – 1,792 V. Dan pada saat *range duty cycle* 65% - 99% nilai arus yang diperoleh adalah 0,0004801 A. Nilai tegangan yang dihasilkan mencapai *range* 1,939 V – 2,939 V.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian *flyback* konverter dengan sistem Simulink MATLAB, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan antara *duty cycle* dan tegangan keluaran pada *flyback* konverter. Dimana tegangan keluaran cenderung meningkat seiring dengan peningkatan *duty cycle*. Selain itu, arus *input* yang tinggi juga dapat mempengaruhi tegangan keluaran. Dimana tegangan keluaran cenderung meningkat seiring dengan peningkatan arus *input*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro. Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing Tugas Akhir, serta keluarga saya atas dukungan moral dan motivasi yang selalu diberikan, serta teman-teman sejawat yang telah memberikan diskusi dan masukan yang berarti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Otong, R.M. Bajuri, Maximum Power Point Tracking (MPPT) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Buck-Boost Converter, *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer* 5 (2017) 103. <https://doi.org/10.36055/setrum.v5i2.1563>.
- [2] J. Julianto, A. Rajagukguk, Rancang Bangun Buck-Boost Converter Berbasis Arduino Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 8x10 Wp, *J. FTEKNIK* 7 (2020) 1–11.
- [3] K. Volt, W. Untuk, Desain Dan Implementasi Flyback Dc-Dc Auxiliary Kendaraan Listrik, (2018).
- [4] A. Mahendra, Sapril, M. Masarrang, Perancangan Flyback Converter Untuk Catu Daya, *Ilm. Foristek* 9 (2019) 39–46.
- [5] G.C. Nugroho, T. Andromeda, Y. Christyono, KONVERTER TIPE ZETA, (n.d.).
- [6] M. Yunianto, Rancang Bangun DC-DC Flyback Converter Pada Panel Surya dengan Metode Kontrol, 2018. <https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/88654%0Ahttps://repository.unej.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/88654/Moch.ArifYunianto-141910201064.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [7] J.N.A. Prakosa, M. Facta, M.A. Riyadi, Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls Berbasis Konverter Flyback, *Transmisi* 17 (2015) 63–69.
- [8] S. Rahayu, S. Purwanto, R. Okvasari, Model Simulasi Interleaved DC-DC Flyback Untuk Dual Stage Micro-Inverter, *Kilat* 11 (2022) 71–77. <https://doi.org/10.33322/kilat.v11i1.1483>.
- [9] I.K. Wirjayati, I.N.W. Satiawan, I.M.A. Nnarthana, N.M. Seniari, Teori dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik dengan MATLAB dan SIMULINK I, (2022).
- [10] I.D.K. Yosa, Analisis Perbandingan Kinerja Sepic Converter Dengan Pengendali Pi Dan Pid, (2022). [http://digilib.unila.ac.id/65841/%0Ahttp://digilib.unila.ac.id/65841/3/SKRIPSI TANPA BAB PEMBAHASAN -IQBAL DWI KURNIA YOSA.pdf](http://digilib.unila.ac.id/65841/%0Ahttp://digilib.unila.ac.id/65841/3/SKRIPSI%20TANPA%20BAB%20PEMBAHASAN%20IQBAL%20DWI%20KURNIA%20YOSA.pdf).
- [11] A.A. Kurniawan, B. Fatkhurrozi, R.A. Wibowo, Desain Flyback Converter Menggunakan Klem Aktif Untuk Sistem Photovoltaic 500W, *Theta Omega J. Electr. Eng. Comput. Inf. Technol.* 1 (2020) 51–54.

- [12] M.Z. EFENDI, D.K. WATI, L.P.S. RAHARJA, Paralel Flyback Converter sebagai PFC pada Lampu LED menggunakan Fuzzy Type-2, ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron. 9 (2021) 938. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v9i4.938>
- [13] G.E. Ripera, Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network Pada Pengenalan Aksara Sunda Swara Panglayar, J. Inform. Dan Tek. Elektro Terap. 12 (2024). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i1.3871>.