

PERANCANGAN SUMBER TEGANGAN TINGGI ARUS SEARAH DENGAN MENGGUNAKAN KONVERTER FLYBACK

DESIGN OF DIRECT CURRENT HIGH VOLTAGE SOURCES USING FLYBACK CONVERTER

Muhammad Yugi Imanudin¹, Asep suhendi², Ahmad Qurtobi³

Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹muhammadyugi@student.telkomuniversity.a.id, ²suhendi@telkomuniversity.ac.id,

³qhurthobi@gmail.com.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini telah dibuat sumber tegangan tinggi arus searah dengan menggunakan metode Konverter *Flyback*. Konverter *Flyback* merupakan salah satu metode dari DC – DC konverter dimana tegangan DC akan diubah ke tegangan DC lainnya dengan nilai tegangan yang berbeda. Konverter *Flyback* memiliki transformator frekuensi tinggi yang berfungsi sebagai induktornya. Transformator yang digunakan adalah transformator *Flyback* tipe BSC25-T1010A. Input transformator diberikan sinyal kotak positif dengan tegangan puncak 5 V. Hasil keluaran dari transformator menunjukkan tegangan tinggi DC yang besarnya dapat berubah sesuai dengan perubahan nilai frekuensi, arus masukan dan *duty cycle*. Keluaran dari transformator diukur menggunakan multimeter dibantu dengan rangkaian pembagi tegangan agar nilainya masuk dalam *range* pengukuran alat ukur. Nilai parameter arus yang digunakan antara lain 0,5 A, 0,75 A, dan 1 A, sementara nilai frekuensi yang digunakan adalah 1 kHz, 1,5 kHz, 2 kHz dengan *duty cycle* berada pada rentang 20 % - 95%. Dari hasil penelitian diperoleh nilai optimal frekuensi dan arus masukan adalah sebesar 1,5 kHz dan 0,5 A dengan *range* keluaran 0 – 5,19 KV. Keluaran tegangan tinggi kemudian dikendalikan dengan menggunakan mikrokontroler dengan akurasi tegangan sebesar 19 %.

Kata Kunci : Konverter *Flyback*, PWM, *duty cycle*, frekuensi, tegangan tinggi.

Abstract

In this research a direct current high voltage source has been created using the Flyback Converter method. Flyback converter is a method of DC-DC converter where the DC voltage will be converted to another DC voltage with a different voltage value. Flyback converters have high frequency transformers that function as inductors. The transformer used is the Flyback transformer type BSC25-T1010A. The transformer input is given a positive box signal with a peak voltage of 5 V. The output of the transformer shows a high DC voltage whose magnitude can change according to changes in frequency, input current and duty cycle. The output of the transformer is measured using a multimeter assisted with a voltage divider circuit so that its value falls within the measurement range of the measuring instrument. Current parameter values used include 0.5 A, 0.75 A, and 1 A, while the frequency values used are 1 kHz, 1.5 kHz, 2 kHz with duty cycle in the range of 20% - 95%. From the research results, the optimal value of frequency and current input is 1.5 kHz and 0.5 A with an output range of 0 - 5.19 KV. The high voltage output is then controlled using a microcontroller with a voltage accuracy of 19%.

Keywords: Flyback converter, PWM, duty cycle, frequency, high voltage.

1. Pendahuluan

Sumber tegangan tinggi arus searah dipakai di berbagai bidang konsentrasi untuk keperluan penelitian di bidang fisika terapan. Diantaranya adalah pada penelitian *Electrospinning* yang membutuhkan tegangan sekitar 15 kV untuk membantu pembuatan nanofiber [1]. Lalu pada perangkat *Scintigrafi* untuk Tiroid SC – 12 juga dibutuhkan tegangan tinggi sebagai pemasok tegangannya [2]. Dan pada penelitian *Ozone Generation*, sumber tegangan tinggi juga berperan penting untuk menunjang penelitian tersebut [3]. Kebutuhan bentuk tegangan, besar tegangan dan besar arus tergantung dari pengaplikasian yang akan dipakai nantinya. Komponen – komponen utama yang biasa dipakai dalam sistem tegangan tinggi arus searah adalah diode, rangkaian pelipat tegangan, transformator, dan rangkaian *filter*. Selain menggunakan komponen utama dalam pembuatannya, komponen pendukung juga diperlukan agar rangkaian dapat berfungsi dengan baik [4].

Pada tahun 2016, telah dilakukan penelitian untuk menghasilkan tegangan tinggi arus searah menggunakan metode *Step Up Transformer* dan Pengali Tegangan berbasis Mikrokontroler [5]. Tegangan yang dihasilkan dari penelitian tersebut adalah 0 – 5 kV. Berdasarkan hasil dari penelitian tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk membangun sumber tegangan tinggi arus searah dengan menggunakan metode lain, yaitu metode *Flyback Converter*.

Kelemahan dari metode *Step Up Transformer* adalah keluarannya yang masih berbentuk arus bolak balik (AC), dimana harus disearahkan lagi menggunakan rangkaian penyearah untuk mendapatkan keluaran arus searah (DC). Kelemahan menggunakan metode pengali tegangan adalah pelipatan pada tegangannya terbatas dan jika terlalu banyak pelipatan tegangan maka akan terjadi peluruhan tegangan. Salah satu metode pembangkitan tegangan yang berpotensi menghasilkan tegangan yang cukup tinggi adalah dengan menggunakan *Flyback Transformer* [6].

Pada umumnya, tegangan tinggi dibangkitkan dengan menggunakan rangkaian berukuran besar [7]. Dalam penelitian ini untuk mengatur keluaran dari sumber tegangan tinggi memakai PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan menggunakan mikrokontroler Arduino. Teknik penggunaan PWM dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan IC 555 dan menggunakan mikrokontroler [8]. Pada umumnya, mikrokontroler membutuhkan rangkaian konverter digital ke analog (DAC) sebagai alat kontrol yang mengoperasikan parameter tegangan ataupun arus dalam analog [9]. Pada tegangan yang diberi pengaruh PWM, akan berbentuk pulsa – pulsa, dimana ada suatu titik waktu mencapai nilai nol tegangan [10]. Pada penelitian ini, akan dibangun sumber tegangan tinggi arus searah dengan metode *Flyback Converter* yang terdiri dari trafo *flyback* sebagai komponen penghasil tegangan tingginya dan PWM yang dibangkitkan oleh Arduino. Penelitian ini diharapkan menghasilkan sumber tegangan tinggi arus searah dengan tegangan yang cukup besar dan rangkaian yang cukup ringkas.

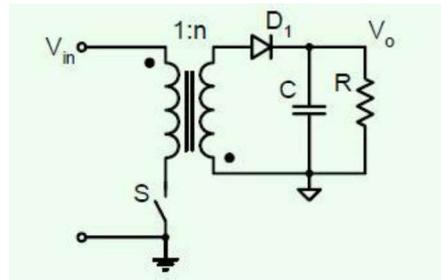
2. Dasar Teori

2.1 DC – DC Konverter

DC – DC converter merupakan salah satu rangkaian dalam elektronika daya yang dapat menaikkan atau menurunkan suatu tegangan DC. DC-DC converter mempunyai beberapa metode, yang masing – masing metode mempunyai fungsinya sendiri. Pada dasarnya DC-DC converter bekerja dengan prinsip *switching*. Dimana *switching* tersebut yang nantinya akan menurunkan atau menaikkan suatu tegangan DC dengan mengatur waktu *on (ton)* dan waktu *off (toff)* pada mikrokontroler. Tegangan *output* dapat dihasilkan dengan mengatur nilai dari *duty cycle*.

2.2 Konverter *Flyback*

Konverter *Flyback* merupakan sebuah metode yang digunakan pada aplikasi daya dimana tegangan keluaran harus diisolasi dari tegangan utama masukan. Daya keluaran dari metode ini bervariasi yaitu diantara 0 sampai kurang dari 100 watt. Metode ini menggunakan transformator frekuensi tinggi sebagai induktor dan sebagai isolasi magnetis antara tegangan masukan dengan tegangan keluaran.



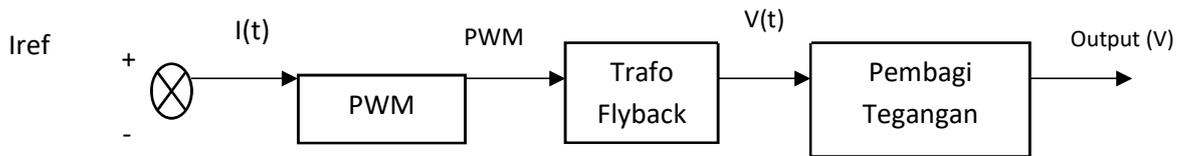
Gambar 2.1 Konverter Flyback

2.2.1 Prinsip Kerja Konverter Flyback

Prinsip kerja dari Konverter *Flyback* adalah ketika saklar ditutup, maka bagian primer transformator terhubung ke tegangan masukan sehingga menyebabkan fluks magnetik dan arus pada bagian primer bertambah dan energi tersimpan pada transformator. Tegangan induksi pada bagian sekunder menjadi negatif sehingga menyebabkan dioda menjadi *reverse*.

$$V_{in} \cdot D_{on} = \frac{V_o}{n} \cdot D_{off} \tag{2.3}$$

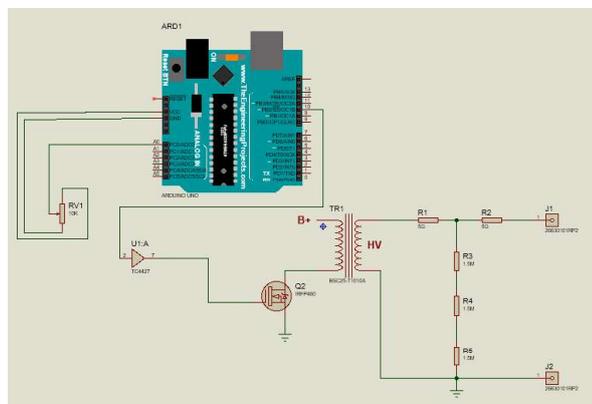
2.3 Design Alat



Gambar 2. 1 Diagram Blok Sistem Tegangan Tinggi Arus Searah

Trafo *flyback* akan diberikan arus masukan dan sinyal PWM untuk membangkitkan tegangan tinggi. Selanjutnya, tegangan tinggi yang dihasilkan oleh trafo akan diturunkan terlebih dahulu nilai tegangannya oleh rangkaian pembagi tegangan sebelum dibaca oleh alat ukur.

Beberapa rangkaian diintegrasikan menjadi satu kesatuan untuk membentuk sistem sumber tegangan tinggi arus searah ini, dimana Arduino menjadi salah satu pusat sistem untuk memproses data dan kontrol untuk sistem ini. Berikut merupakan rangkaian keseluruhan untuk sistem sumber tegangan tinggi arus searah yang dibangun :



Gambar 2. 3 Rangkaian Keseluruhan

3. Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Sinyal PWM

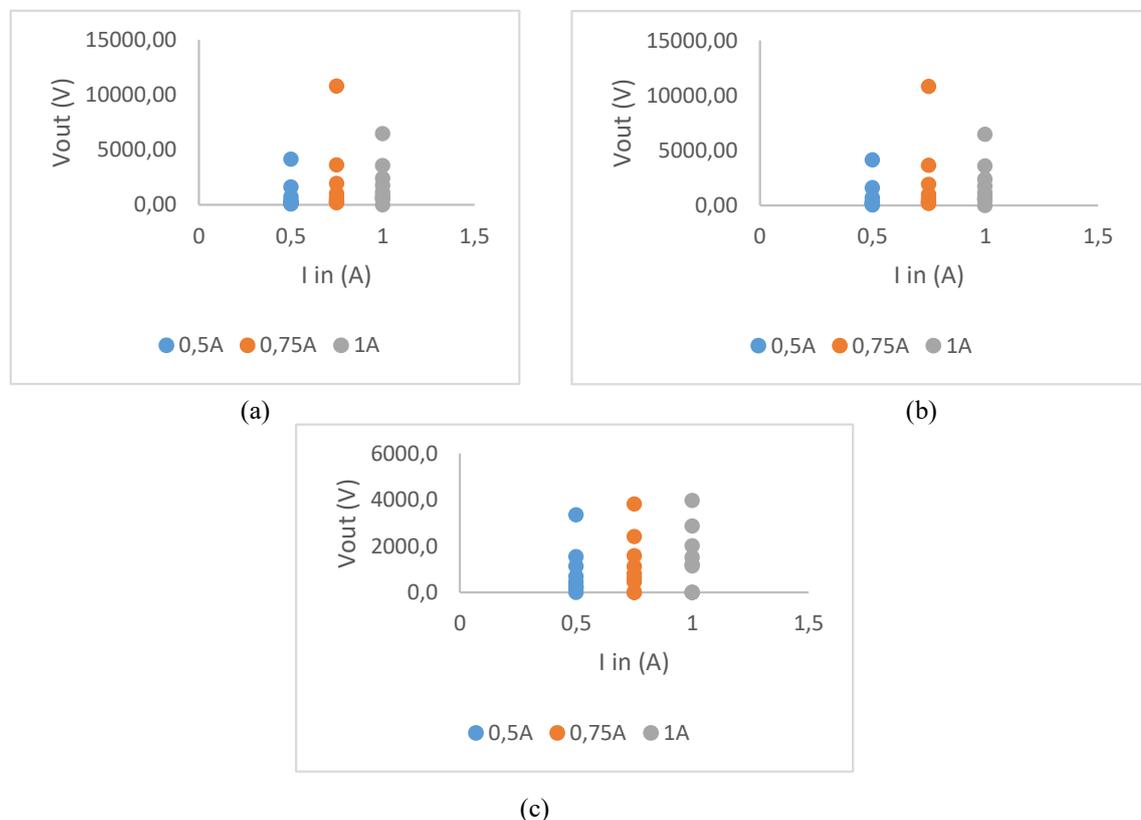
Potensio sebagai masukan ADC di rubah menjadi nilai PWM oleh Arduino kemudian ditampilkan menjadi sinyal *duty cycle* pada osiloskop. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan range *duty cycle* 100 % - 20 % pada frekuensi 2 kHz. Berikut tabel nilai PWM yang diberikan.

Tabel 3.1 Nilai PWM Arduino

PWM	Duty Cycle (%)
255	100
230	90
204	80
178	70
154	60
129	50
102	40
77	30
52	20

3.2 Pengaruh Arus dan Frekuensi Terhadap Konverter *Flyback*

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan nilai arus masukan dan frekuensi untuk mengetahui pengaruhnya terhadap tegangan keluaran. Alat yang dipakai sebagai sumber arus adalah catu daya dengan nilai arus adalah 0,5 A, 0,75 A dan 1 A serta nilai frekuensi diberikan oleh Arduino pada nilai 1 kHz, 1,5 kHz dan 2 kHz.



Gambar 3.1 Grafik V_{out} terhadap arus 0,5A (a) 1 kHz (b) 1,5 kHz (c) 2 kHz

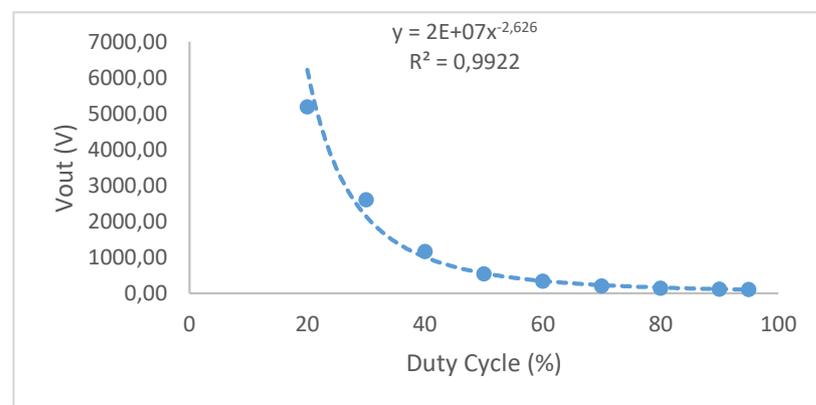
Hasil data pengukuran pada arus 0,5 A frekuensi 1,5 kHz menunjukkan nilai – nilai tegangan yang dihasilkan cukup besar dan masih bisa dibaca oleh alat ukur pada tiap nilai parameter percobaan. Tegangan yang dihasilkan mencapai range 111,21 V sampai 5193,56 V. Oleh karena itu, untuk pengujian selanjutnya hanya akan memakai hasil data dari arus 0,5 A frekuensi 2 kHz.

3.3 Pengaruh *Duty Cycle* Terhadap Konverter *Flyback*

Pada pengujian ini dilakukan dengan cara memvariasikan nilai *duty cycle* dengan rentang 20 % - 95 %. Nilai arus masukan dan frekuensi yang dipakai adalah 0,5 A dan 1,5 kHz. Berikut hasil data pengukuran pada arus 0,5 A frekuensi 1,5 kHz.

Tabel 3.2 Data Pengukuran pada arus 0,5 A 1,5 kHz

Duty Cycle (%)	I in (A)	R1 (Mohm)	R2 (Mohm)	Vout (V)	Vout (V)
95	0,5	5004,5	4,5	0,1	111,21
90	0,5	5004,5	4,5	0,11	122,33
80	0,5	5004,5	4,5	0,13	144,57
70	0,5	5004,5	4,5	0,19	211,30
60	0,5	5004,5	4,5	0,31	344,75
50	0,5	5004,5	4,5	0,49	544,93
40	0,5	5004,5	4,5	1,05	1167,72
30	0,5	5004,5	4,5	2,34	2602,34
20	0,5	5004,5	4,5	4,67	5193,56



Tabel 3.3 Grafik Vout terhadap Duty Cycle 0,5 A - 1 A (1,5 kHz)

Pada semua nilai *duty cycle* yang diberikan mampu menghasilkan tegangan keluaran yang bervariasi. Dapat dilihat juga hasil dari pengaruh *duty cycle* terhadap tegangan keluaran yang dihasilkan cenderung berbanding terbalik dengan pengujian oleh arus dan frekuensi, dimana semakin kecil *duty cycle* yang diberikan maka tegangan yang dihasilkan semakin besar. Hal tersebut bisa terjadi karena MOSFET yang dipakai bekerja aktif Low sehingga semakin mendekati nol nilai *duty cycle*, maka tegangan yang dihasilkan akan cenderung lebih besar.

3.4 Pengujian Tegangan yang Dihasilkan Konverter *Flyback*

Berdasarkan pengujian pengaruh *duty cycle* terhadap tegangan keluaran konverter *flyback*, didapatkan persamaan :

$$y = 2E + 07x^{\wedge} - 2,626 \quad (3.1)$$

Dimana, y = nilai PWM

x = Tegangan keluaran konverter *flyback* (V)

Dengan memasukkan persamaan tersebut ke aplikasi Arduino, kita dapat mengetahui nilai tegangan matematis yang seharusnya dihasilkan oleh konverter *flyback* dengan potensiometer sebagai nilai ADC. Nilai tegangan yang didapatkan akan ditampilkan pada serial monitor Arduino. Maka, didapatkan hasil pengujian sebagai berikut.

Tabel 3.4 Pengujian Persamaan Tegangan Keluaran Konverter Flyback

Duty Cycle (%)	V matematis (V)
95	127
90	146
80	195
70	283
60	416
50	681
40	1158
30	2429
20	5996

Setelah didapatkan nilai tegangan matematisnya, maka dapat diperoleh nilai persentase error yaitu dengan membandingkan nilai tegangan aktual pada saat pengukuran terhadap nilai tegangan matematis.

$$\text{Error} = \left| \frac{V_{\text{out aktual}} - V_{\text{out matematis}}}{V_{\text{out matematis}}} \right| \times 100\% \quad (3.2)$$

Selisih antara tegangan aktual terhadap tegangan matematis adalah menggunakan data pengukuran pada arus 0,5 A frekuensi 1,5 kHz, dimana pengukuran tersebut merupakan hasil optimal pada konverter *Flyback* yang telah dilakukan pengujian. Berikut merupakan nilai error dari pengujian tersebut.

Tabel 3.5 Hasil Nilai Error Perhitungan

Duty Cycle (%)	Vout matematis (V)	Vout aktual (V)	Error (%)
95	127	111,21	14%
90	146	122,33	19%
80	195	144,57	35%
70	283	211,30	34%
60	416	344,75	21%
50	681	544,93	25%
40	1158	1167,72	1%
30	2429	2602,34	7%
20	5996	5193,56	15%
Error rata-rata			19%

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian kali ini dapat ditarik beberapa kesimpulan :

1. Dapat dibuat sumber tegangan tinggi arus searah menggunakan metode Konverter Flyback berbasis PWM. Dengan trafo Flyback sebagai salah satu komponen utama untuk menghasilkan tegangan tinggi. Jika dilihat hasil data pengukuran pada arus 0,75 A frekuensi 1 kHz menghasilkan tegangan tertinggi senilai 10809,72 V, namun perbedaan nilai tegangan tiap pengukurannya cenderung tinggi. Oleh karena itu sumber tegangan tinggi arus searah ini optimal pada nilai frekuensi 1,5 kHz arus 0,5 A untuk nilai duty cycle 20 % - 95 % dengan tegangan maksimum sebesar 5,19 KV.
2. Nilai tegangan keluaran sumber tegangan tinggi telah berhasil dikendalikan dan dapat diatur pada rentang tegangan 0 – 5,19 KV.

Daftar Pustaka:

- [1] Junaedi, Donny Nurmayadi. 2012. *Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Direct Current pada sistem Electrospinning*. BATAN
- [2] Wiranto Budi Santoso, Romadhon, Budi Santoso, Sukandar. 2016. *Pengembangan Modul catu Daya Tegangan Tinggi Perangkat Scintigrafii Untuk Tiroid SC - 12*. BATAN
- [3] Nacera Hammadi, Mansour Zegrar, Said Nemnich, Zouaoui Dey, Sidi-Mohamed Remaoun, Bouregba Naouel, Amar Tilmatine. 2016. *Development Of High-Voltage High-Frequency power Supply For Ozone Generation*. Algeria
- [4] Ely P. Sitohang, Dringhuzen J. Mamahit, Novi S. Tulung. 2018. *Rancang Bangun Catu Daya DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535*. Universitas Sam Ratulangi Manado
- [5] Andrean Dias Prayogo. 2011. *Perancangan Sumber Tegangan Tinggi Terkontrol Berbasis Mikrikontroler Pada High Voltage Power Supply (HVPS)*. Universitas Telkom
- [6] Kumala Mahda Habsari, Wijono, D.J. Djoko H.S. 2017. *Metode Flyback pada Pembangkitan Tegangan Tinggi untuk Aplikasi Plasma Electrolytic Oxidation*. Universitas Brawijaya
- [7] Johannes Nugroho Adhi Prakosa, Mochamad Facta, Munawar Agus Riyadi. 2015. *Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls Berbasis Konverter Flyback*. Universitas Diponegoro Semarang
- [8] Teknik Elektro Universitas Negeri Malang. 2015. *Jurnal Tekno*. Universitas Negeri Malang
- [9] Zubaidi S.T. 2009. *Implementasi Pembuatan Catu Daya Terprogram Berbasis Komputer*. AMIK Wira Setya Mulya Yogyakarta
- [10] Rico, Afrinando. 2016. *Studi Penggunaan Driver PWM (Pulse Width Modulation) 2 Fasa Pada Lampu Compact Fluorescent*. Universitas Andalas.
- [11] David Setiawan. 2017. *Sistem Kontrol Motor DC Menggunakan PWM Arduino Berbasis Android System*. Universitas Lancang Kuning.
- [12] Arief Hendra Saptadi, Jaenal Arifin, Wasis Dasa Nugraha. 2010. *Perancangan Dan Pembuatan Charger Handphone Portable Menggunakan Sistem Penggerak AC dengan Penyearah*. Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto.