

PERANCANGAN PEMBANGKITAN TEGANGAN TINGGI DC DENGAN TRAFO FLYBACK.

Yosua Hamonangan Saragi^{*)}, Abdul Syakur dan Hadha Afrisal

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

**)Yosua Hamonangan Saragi, E-mail:: Tokang@students.undip.ac.id*

Abstrak

Penggunaan tegangan tinggi tidak hanya untuk keperluan transmisi, tetapi juga dapat digunakan sebagai pemanfaatan untuk pembuatan perangkat serangga pengganggu bahkan berbahaya dengan cara Short Circuit tegangan tinggi dengan tingkat keamanan yang tinggi. Studi tentang tegangan tinggi yang dimanfaatkan untuk membunuh serangga pengganggu sering memberi para insinyur wawasan yang berharga untuk meningkatkan keandalan jangka panjang dari peralatan tegangan tinggi tersebut. Pada umumnya, tegangan tinggi dibangkitkan menggunakan pembangkit tegangan tinggi konvensional yang berukuran besar. Oleh karena itu, diperlukan rangkaian yang lebih sederhana untuk membangkitkan tegangan tinggi, salah satunya menggunakan konverter flyback. Konverter flyback merupakan konverter direct current to direct current (DC-DC) yang memiliki isolasi di antara masukan dan keluarannya. Komponen utama dari konverter flyback adalah trafo step up dan komponen pensaklaran. Pada Penelitian ini dirancang jendela perangkat dengan memanfaatkan konverter flyback untuk membangkitkan tegangan tinggi. Jenis trafo step up dan komponen pensaklaran yang digunakan adalah trafo flyback dari monitor CRT (Cathode Ray Tube) dan MOSFET IRFP460. Tegangan tinggi hasil pembangkitan konverter flyback kemudian di pasang pada kaca jendela perangkat serangga.

Kata kunci : Konverter Flyback, Tegangan Tinggi, Jendela Perangkat

Abstract

The use of high voltage is not only for the purpose of transmission, but also can be used as a fabrication for the making of insect traps even dangerous one, with high voltage Short Circuit with high level of security. The study of the high voltage utilized to kill the insect repellent often gives the engineers valuable insight to improve the long-term reliability of the high-voltage equipment. In general, high voltages are raised using large conventional high-voltage power plants. Therefore, it takes a simpler range to generate high voltages, one of them using the flyback converter. The Flyback Converter is a direct current to direct current (DC-DC) converter that has isolation between its inputs and output. The main component of the Flyback converter is the step up transformer and the switching component. On this final task are designed trap windows by utilizing the Flyback converter to evoke high voltages. The type of step up transformer and the switching components used are flyback transformers of the CRT (Cathode Ray Tube) and MOSFET IRFP460 monitors. High Voltage flyback Converter generation result is then installed on the window to trap insects.

Keywords: Flyback Converter, High Voltage, Window Trapping

1. Pendahuluan

Penggunaan tegangan tinggi tidak hanya untuk keperluan transmisi, tetapi juga dapat digunakan sebagai pemanfaatan untuk pembuatan seni kotemporer. Tegangan dibedakan menjadi tiga [1], yaitu tegangan tinggi DC, tegangan tinggi AC, dan tegangan tinggi impuls. Tegangan tinggi pada umumnya dibangkitkan menggunakan pembangkit tegangan tinggi konvensional yang berukuran besar. Oleh karena itu, diperlukan peralatan yang lebih sederhana untuk membangkitkan tegangan tinggi, salah satunya dengan menggunakan konverter flyback.

Pembangkitan tegangan tinggi dengan menggunakan konverter flyback sudah cukup banyak dilakukan. Pada penelitian [2] dibahas mengenai pembangkitan tegangan tinggi impuls dengan menggunakan konverter flyback dan rangkaian elektronika daya. Namun keperluan aplikasi tegangan tinggi untuk pembuatan seni kotemporer masih minim dilakukan. Metode pensaklaran dengan zero voltage switching sudah pernah dilakukan pada penelitian [3] yang diterapkan pada konverter DC-DC tipe buck.

Pada Penelitian ini digunakan konverter flyback untuk membangkitkan tegangan tinggi dengan didukung oleh rangkaian elektronika daya. Konverter flyback merupakan konverter DC-DC yang memiliki isolasi di antara masukan dan keluarannya [4]. Komponen utama dari konverter

flyback adalah *trafo step up* tegangan tinggi dan komponen pensaklaran. Trafo *step up* tegangan tinggi yang digunakan adalah trafo *flyback* yang diperoleh dari monitor CRT (*Cathode Ray Tube*). Prinsip kerja dari konverter *flyback* adalah ketika saklar dalam kondisi *on*, tegangan sumber akan mengalir melewati induktansi magnetik trafo (L_m) dan menyebabkan arus induktansi magnetik (i_{Lm}) naik secara linier dan dioda di bagian *output* bersifat *reverse bias* [5]. Ketika saklar dalam kondisi *off*, energi yang tersimpan di dalam induktansi magnetik akan disalurkan melalui kumparan trafo dan dioda pada bagian *output* bersifat *forward bias* sehingga arus dapat disalurkan ke beban [6].

Pada penelitian “Perancangan Konverter Flyback Dengan Metode Zero Voltage Switching (Zvs) Sebagai Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls Untuk Diaplikasikan Pada Proses Lichtenberg Wood-Burning” pensaklaran masih menggunakan IC TL494 dimana pengaturan yang dilakukan masih bersifat analog dan hasil sinyal pwm serta frekuensi yang terukur masih belum terlalu presisi, Hal ini menyebabkan pengukuran tegangan tinggi yang dihasilkan tidak presisi [7]

Pada Penelitian “Perancangan Zero Voltage Switching Buck Converter Dengan Beban Resistif Bervariasi Dan Sebagai Catu Daya Untuk Motor Arus Searah” pensaklaran masih menggunakan IC TL494 dimana pengaturan yang dilakukan masih bersifat analog dan hasil sinyal pwm serta frekuensi yang terukur masih belum terlalu presisi, Hal ini menyebabkan pengukuran tegangan tinggi yang dihasilkan tidak presisi [8]

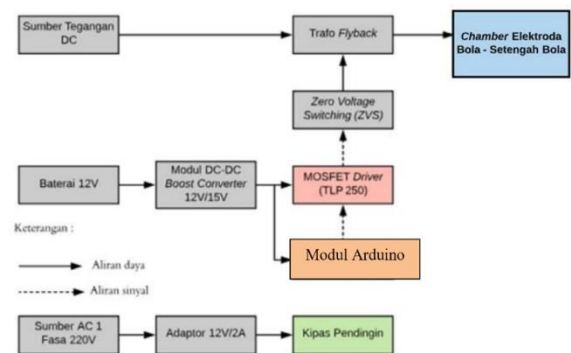
Sedangkan Pada Penelitian “Desain dan Implementasi Soft Switching Boost Konverter Dengan Simple Auxillary Resonant Switch (SARC)” sudah menggunakan *soft Switching* namun tidak menambahkan komponen Kapasitor resonan dan juga induktor resonan pada sistem switchinf terutama pada bagian transistor yang menyebabkan arus dan tegangan sinyal pada mosfet masih terlalu kasar dan dapat merusak komponen utama ataupun sinyal keluaran yang dibangkitkan.[9]

Berdasarkan penelitian diatas , Maka Penelitian ini akan membahas tentang switching menggunakan beberapa komponen sebagai berikut. Komponen pensaklaran yang digunakan adalah MOSFET TOSHIBA IRFP460. Mode pensaklaran yang digunakan adalah MOSFET. MOSFET bekerja sebagai sebuah saklar yang on atau off-nya dikendalikan oleh rangkaian osilator pulsa menggunakan Arduino Uno. Pemilihan Modul Arduino Uno dikarenakan duty cycle dan frekuensinya dapat diatur sesuai dengan variasi yang diinginkan [10]. Pensaklaran MOSFET kontrol Flyback diterapkan pada konverter flyback yang dibuat. MOSFET akan diberikan tambahan komponen untuk *soft-switching* di mana tegangan pada MOSFET akan bernilai nol ketika turn on atau turn off. MOSFET tersebut menggunakan kapasitor resonan (C_r) yang

dipasang paralel dengan MOSFET dan induktor resonan (L_r) yang dipasang seri dengan kombinasi paralel dari MOSFET dan kapasitor resonan [11] . Tegangan keluaran hasil pembangkitan MOSFET konverter flyback di aplikasikan pada chamber elektroda sela bola.

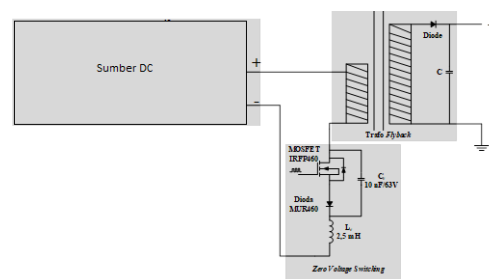
2. Metode

Perancangan Penelitian ini terdiri dari blok rangkaian penyearah, blok rangkaian MOSFET konverter *flyback*, blok rangkaian kontrol, dan Chamber elektroda.



Gambar 1. Blok Diagram Alat

2.1. Pensaklaran MOSFET dengan Metode *Soft-Switching*



Gambar 2. Rangkaian ZVS Konverter Flyback

Pada Gambar 2. Terdapat berbagai jenis komponen yang dijelaskan sebagai berikut. Rangkaian MOSFET konverter *flyback* pada Penelitian ini tersusun dari komponen-komponen berikut:

1. Sumber Tegangan DC (V_{in})
Sumber tegangan yang digunakan sebagai suplai daya konverter berasal dari keluaran rangkaian penyearah 1 fasa gelombang penuh tak terkontrol.
2. Saklar
Komponen pensaklaran yang digunakan adalah MOSFET. MOSFET yang digunakan adalah IRFP460 yang mampu menahan tegangan hingga 500 V [9].
3. Trafo
Trafo yang digunakan pada Penelitian ini adalah trafo *flyback* dengan inti ferit yang diambil dari monitor CRT.

4. Dioda MUR460

Dioda yang digunakan pada pensaklaran konverter *flyback* ini adalah dioda MUR460. Dioda ini dipilih karena dapat menghantarkan arus sebesar 4 A dan menahan reverse voltage hingga 600 V [10]

5. Kapasitor Resonan (Cr) dan Induktor Resonan (Lr)

Nilai kapasitor (Cr) dan induktor (Lr) yang digunakan pada rancangan ZVS konverter *flyback* ini adalah kapasitor jenis MKM dengan nilai 10 nF/63 V dan induktor dengan nilai 2,5 mH.

2.2. Rangkaian Kontrol PWM (Pulse Width Modulation)

Pada Penelitian ini, sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) dihasilkan oleh Arduino Uno. Frekuensi osilasi diatur oleh komponen *capacitor timing* (C_T) yang terhubung dengan pin 5 dan *resistor timing* (R_T) yang terhubung dengan pin 6 IC TL494. Besarnya frekuensi osilasi maksimum dan minimum dari rangkaian PWM ini dapat ditentukan dengan Persamaan 1 di bawah ini [11].

$$f_{OC_{nx}PCPWM} = \frac{f_{CLK I/O}}{2 \times N \times TOP} \quad (1)$$

Dimana :

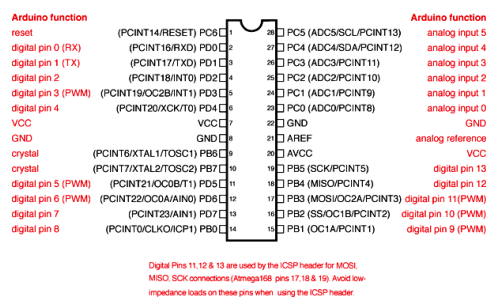
$f_{OC_{nx}PCPWM}$ = Frequency oscillator clock Phase Correct PWM (Hz)

$f_{CLK I/O}$ = Frequency Clock Input/Output (Hz)

N = Prescaler (1, 8, 64, 256, atau 1023)

TOP = Nilai maksimal register (bit)

Pada rangkaian pembangkit PWM rekomendasi *range* frekuensi *switching* untuk penelitian ini adalah dari 24 kHz sampai 28 kHz. Keluaran gelombang kotak terdapat pada pin Gnd dan pin 10.. Gambar 3. merupakan rangkaian kontrol PWM pada Arduino Uno.

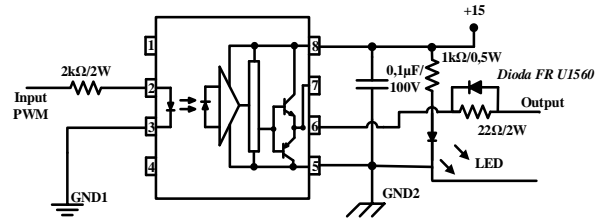


Gambar 3. Skema Modul Arduino Uno

Pada Gambar 3. Terdapat berbagai jenis pin yang dapat digunakan untuk fungsi tertentu sehingga modul arduino lebih baik digunakan dalam penelitian ini. Pada Penelitian ini pin yang dipakai adalah pin 10 dan ground sebagai sumber pembangkit PWM.

2.3. MOSFET Driver TLP250

Rangkaian MOSFET driver TLP250 digunakan untuk mengisolasi dan menguatkan sinyal keluaran dari rangkaian kontrol Arduino Uno. TLP250 dapat digunakan untuk *driver* MOSFET tegangan tinggi.

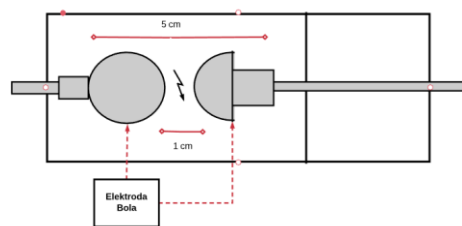


Gambar 4. Rangkaian MOSFET Driver TLP250

Pada Gambar 4. Ditunjukkan gambar skema TLP 250 yang digunakan untuk menguatkan sinyal PWM dari Arduino Uno sebelum masuk pada rangkaian Mosfet driver Trafo *flyback*.

2.4. Chamber Elektroda Bola-Setengah Bola

Chamber elektroda sela bola merupakan perangkat yang digunakan untuk pengujian analisis plasma tegangan tinggi saat *discharge* dan untuk pengukuran tegangan tinggi yang di paralel dengan probe tegangan tinggi 1:1000V. Reaktor ozon memiliki berbagai macam bentuk. Pada penelitian Penelitian ini, digunakan *chamber* elektroda dengan elektroda bola dan elektroda bola [13] . Ketika *chamber* elektroda disambungkan ke sumber tegangan tinggi, maka akan dihasilkan plasma tegangan tinggi *discharge* diantara kedua elektroda.



Gambar 5. Skema Elektroda Bola dan Setengah Bola

Gambar 5. merupakan *chamber* elektroda yang digunakan. Elektroda memiliki panjang 11 cm dengan jarak elektroda 5 mm. Elektroda bola terbuat dari bahan *stainless steel* dengan panjang jarum 5 mm dan elektroda setengah bola terbuat dari *stainless steel*. Tegangan tinggi yang diterapkan pada reaktor ozon akan menghasilkan medan listrik. Semakin besar jarak di antara kedua elektroda, maka semakin besar tegangan yang *discharge*.

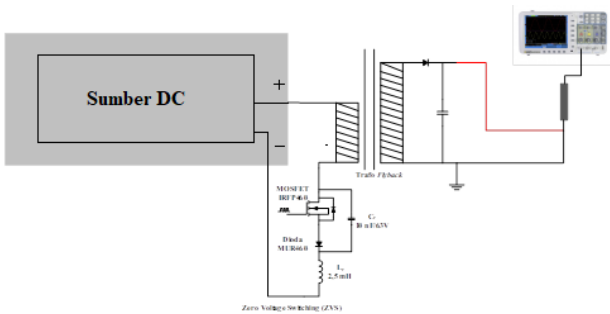
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Switching MOSFET Pada Konverter Flyback

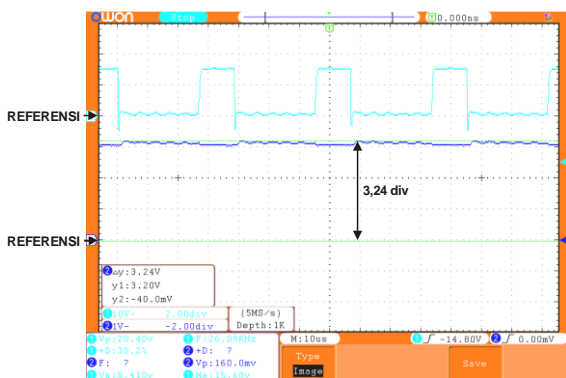
Pengujian *Switching* MOSFET pada konverter flyback meliputi pengujian mode pensaklaran MOSFET dan pengukuran tegangan keluaran. Pada pengujian mode pensaklaran MOSFET konverter flyback akan diamati bentuk gelombang keluaran tegangan kapasitor resonan (VCr) dan arus induktor resonan (ILr) untuk mengetahui proses pensaklaran. Pada pengukuran tegangan keluaran dilakukan pengujian pengaruh duty cycle (40-60%) dan frekuensi (24-28 kHz) terhadap tegangan keluaran MOSFET pada konverter flyback yang telah dibuat.

3.2. Pengujian Mode Pensaklaran MOSFET Konverter Flyback

Pengujian mode pensaklaran dilakukan untuk mengetahui bentuk gelombang keluaran pada komponen kapasitor Cr dan induktor Lr pada rangkaian MOSFET pada konverter flyback. Bentuk gelombang yang dihasilkan digunakan untuk mengetahui proses pensaklaran yang dihasilkan MOSFET pada konverter Flyback. Gambar 4.3 merupakan skema rangkaian pengujian mode pensaklaran MOSFET.



Gambar 6. Skema Pengujian Mode Pensaklaran MOSFET pada konverter Flyback.



Gambar 7. Gelombang Tegangan Keluaran MOSFET Konverter Flyback

Gambar 6 dan Gambar 7 Menunjukkan Skema Pengujian dan gelombang tegangan keluaran MOSFET pada konverter flyback dengan frekuensi *switching* 27,09 kHz. Gelombang tegangan keluaran MOSFET pada konverter flyback ditunjukkan oleh gelombang berwarna biru tua (bawah) dan gelombang PWM ditunjukkan oleh gelombang berwarna biru muda (atas). Dari Gambar 4.7 terlihat bahwa tegangan keluaran dari MOSFET pada konverter flyback merupakan tegangan tinggi impuls tertapis karena pada trafo flyback yang digunakan terdapat komponen kapasitor [12] . Nilai tegangan keluaran yang ditunjukkan pada Gambar 4.7 dapat dihitung sebagai berikut

$$\begin{aligned} V_{out} &= \text{div vertikal} \times V/\text{div} \times \text{pengali probe} \\ &= 3,24 \text{ div} \times 1 \text{ V}/\text{div} \times 1000 \\ &= 3240 \text{ V} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan dari Gambar 10. maka didapatkan nilai tegangan keluaran MOSFET konverter flyback sebesar 3240 Volt.

3.2.1. Variasi Duty Cycle Terhadap Tegangan Keluaran Konverter Flyback

Pengukuran tegangan keluaran MOSFET pada konverter flyback dilakukan dengan enam variasi duty cycle, yaitu 40%, 45%, 50%, 55%, dan 60%. Variasi duty cycle diterapkan pada masing-masing tegangan masukan dari sumber DC, yaitu 9 VDC, 12 VDC, 15 VDC, 18 VDC, 21 VDC dan 24 VDC. Pengukuran tegangan keluaran dilakukan dengan kondisi frekuensi *switching* tetap, yaitu 27 kHz. Pengukuran tegangan keluaran variasi duty cycle dilakukan tanpa beban dengan bantuan Multimeter dan probe tegangan tinggi untuk membaca nilai tegangan keluaran. Hasil pengukuran tegangan keluaran MOSFET pada konverter flyback dengan variasi duty cycle dapat dilihat pada Tabel 1

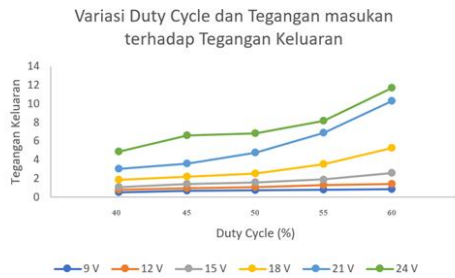
Tabel 1. Data Tegangan Keluaran MOSFET pada Konverter Flyback Variasi Duty Cycle (Dalam Satuan kV)

Tegangan Keluaran(V _{DC})	Duty Cycle (%)				
	40	45	50	55	60
9 V	0,54	0,674	0,768	0,815	0,866
12 V	0,789	0,978	1,09	1,28	1,43
15 V	1,06	1,41	1,6	1,89	2,6
18 V	1,85	2,22	2,55	3,53	5,3
21 V	3,03	3,58	4,75	6,9	10,3
24 V	4,87	6,62	6,84	8,2	11,7

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa besarnya duty cycle mempengaruhi tegangan keluaran MOSFET pada konverter flyback. Semakin besar duty cycle, maka tegangan keluaran yang dihasilkan semakin tinggi. Dengan kata lain besarnya duty cycle dan tegangan keluaran berbanding lurus. Hal ini disebabkan semakin besar duty cycle yang diterapkan, maka waktu ON pada sinyal

pemicuan (TON) semakin lebar sehingga waktu konduksi MOSFET semakin lama. Semakin lama waktu konduksi MOSFET, maka energi yang tersimpan pada kumparan primer trafo flyback semakin besar sehingga ketika MOSFET OFF energi yang tertransfer ke kumparan sekunder juga semakin besar [14].

Berdasarkan data pada Tabel 1 dapat diperoleh grafik hubungan antara duty cycle dan tegangan keluaran MOSFET pada konverter flyback yang ditunjukkan pada Gambar 8



Gambar 8. Grafik Hubungan Duty Cycle dengan Tegangan Keluaran

Gambar 8 menunjukkan hubungan antara *duty cycle* dengan tegangan keluaran. Semakin besar *duty cycle* yang diterapkan, maka nilai tegangan keluarannya semakin tinggi. Variasi tegangan masukan juga mempengaruhi nilai tegangan keluaran. Pada *duty cycle* yang sama semakin tinggi tegangan masukan, maka tegangan keluaran juga semakin tinggi.

3.2.2. Variasi Frekuensi Switching Terhadap Tegangan Keluaran MOSFET Pada Konverter Flyback

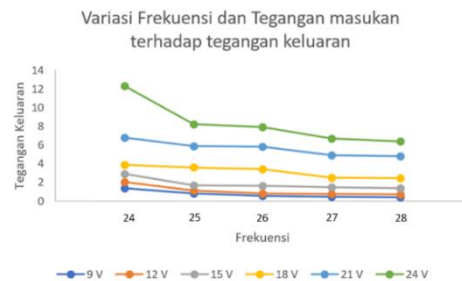
Pengukuran tegangan keluaran MOSFET pada konverter flyback dilakukan dengan lima variasi frekuensi *switching*, yaitu 24 kHz, 25 kHz, 26 kHz, 27 kHz, dan 28 kHz. Variasi frekuensi *switching* diterapkan pada masing-masing tegangan masukan yaitu yaitu 9 V_{DC}, 12 V_{DC}, 15 V_{DC}, 18 V_{DC}, 21 V_{DC} dan 24 V_{DC}. Pengukuran tegangan keluaran dilakukan dengan kondisi *duty cycle* tetap, yaitu 50%. Pengukuran tegangan keluaran variasi frekuensi *switching* dilakukan tanpa beban dengan bantuan osiloskop digital OWON untuk membaca nilai tegangan keluaran. Hasil pengukuran tegangan keluaran MOSFET pada konverter flyback dengan variasi frekuensi *switching* dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa semakin besar frekuensi *switching*, maka tegangan keluaran yang dihasilkan semakin rendah. Dengan kata lain nilai tegangan keluaran berbanding terbalik dengan frekuensi *switching* yang diterapkan.

Dari data pada Tabel 2 dapat diperoleh grafik hubungan antara frekuensi *switching* dan tegangan keluaran MOSFET pada konverter flyback yang ditunjukkan pada Gambar 9.

Tabel 2. Data Tegangan Keluaran MOSFET pada Konverter Flyback Variasi Frekuensi (Dalam Satuan kV)

Tegangan Keluaran (VDC)	Frekuensi Pensaklaran (kHz)				
	24	25	26	27	28
9 V	1.4	0.81	9 V	1.4	0.81
12 V	2.03	1.1	12 V	2.03	1.1
15 V	2.9	1.7	15 V	2.9	1.7
18 V	3.9	3.6	18 V	3.9	3.6
21 V	6.78	5.89	21 V	6.78	5.89
24 V	12.3	8.2	24 V	12.3	8.2



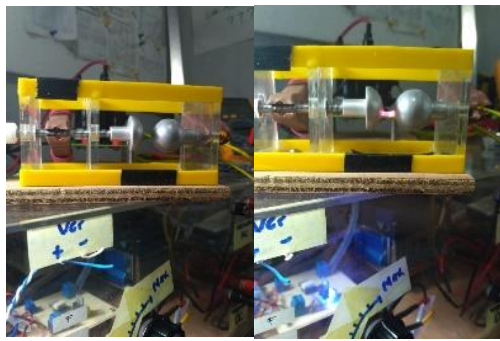
Gambar 9. Grafik Hubungan Frekuensi Switching dengan Tegangan Keluaran

Gambar 12 menunjukkan hubungan antara frekuensi *switching* dengan tegangan keluaran. Semakin besar frekuensi *switching* yang diterapkan, maka tegangan keluaran yang dihasilkan semakin rendah. Variasi tegangan masukan juga mempengaruhi nilai tegangan keluaran. Pada frekuensi *switching* yang sama semakin tinggi tegangan masukan, maka tegangan keluaran juga semakin tinggi [15]

3.3. Pengujian Chamber Elektroda Bola Setengah Bola

Pengujian *chamber* elektroda bola-setengah bola bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya plasma tegangan tinggi *discharge* dari pembangkitan tegangan tinggi yang dihasilkan dari MOSFET pada konverter *flyback* yang telah dibuat. Pengujian dilakukan dengan menerapkan tegangan tinggi pada *chamber* elektroda bola-setengah bola, kemudian plasma tegangan tinggi yang *discharge* diantara sela bola-setengah bola diamati untuk mengetahui pengaruh *duty cycle* dan frekuensi terhadap bentuk *discharge* diantara sela bola-setengah bola.

Gambar 10 (a) menunjukkan *chamber* elektroda bola-setengah bola dalam kondisi *standby* dan Gambar 11 (b) menunjukkan *chamber* elektroda bola-setengah bola kondisi *discharge*.



(a) (b)

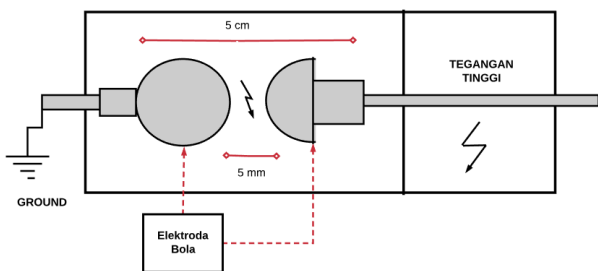
Gambar 10. Chamber Elektroda Bola-Setengah Bola
 (a) Kondisi Standby
 (b) Kondisi Plasma Tegangan Discharge

Gambar 13. Menunjukkan pengujian *chamber* elektroda dilakukan dengan dua variasi jarak, yaitu:

1. Elektroda setengah bola diterapkan tegangan tinggi dan elektroda bola dihubungkan dengan *ground* dengan jarak elektroda 5 mm.
2. Elektroda setengah bola diterapkan tegangan tinggi dan elektroda bola dihubungkan dengan *ground* dengan jarak elektroda 7 mm.

3.3.1. Elektroda Setengah Bola (Tegangan Tinggi) dan Elektroda Bola (Ground) Jarak 5 mm

Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan tegangan tinggi impuls pada elektroda setengah bola dan *ground* dihubungkan dengan elektroda bola. Jarak elektroda adalah 5 mm. Skema dan data pengujian tegangan tinggi *discharge* dengan variasi jarak elektroda 5 mm ditunjukkan pada Gambar 11 dan Tabel 3



Gambar 11. Skema Pengujian Tegangan Tinggi Impuls Elektroda Setengah Bola (Tegangan Tinggi) dan Elektroda Bola (Ground) Jarak 5 mm

Gambar 11 menunjukkan skema pengujian tegangan tinggi impuls yang dihasilkan dan nantinya akan diukur dengan probe tegangan tinggi sebelum masuk pada voltmeter

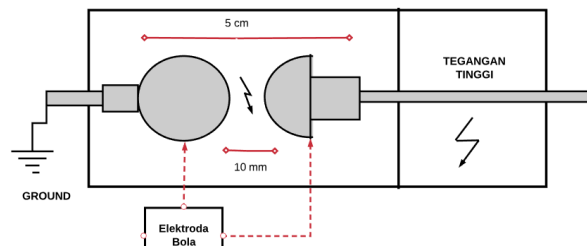
Tabel 3. Data Pengujian Tegangan Tinggi Impuls Elektroda Setengah Bola (Tegangan Tinggi) dan Elektroda Bola (Ground) Jarak 5 mm

Tegangan Terapan (kV)	Kondisi Elektroda
1,1	Tidak ada Discharge
2,9	Tidak ada Discharge
3,6	Tidak ada Discharge
4,9	Tidak ada Discharge
5,8	Tidak ada Discharge
6,7	Tidak ada Discharge
8,2	Tidak ada Discharge
12,3	Discharge

Dari Tabel 3 dapat dilihat pada tegangan 1,1 kV; 2,9 kV; 3,6 kV; 4,9 kV; 5,8 kV, 6,7 kV; dan 8,2 kV tidak ada reaksi *discharge*. Hal ini disebabkan medan listrik yang dihasilkan dari tegangan pada sela bola jarak 5 mm belum cukup untuk dapat terjadi *discharge*. Proses *discharge* terdeteksi pada tegangan 12,3. Semakin tinggi tegangan yang diterapkan, maka medan listrik yang dihasilkan semakin besar sehingga terjadi *discharge* pada elektroda bola – setengah bola jarak sela 5 mm.

3.3.2. Elektroda Setengah Bola (Tegangan Tinggi) dan Elektroda Bola (Ground) Jarak 7 mm

Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan tegangan tinggi impuls pada elektroda setengah bola dan *ground* dihubungkan dengan elektroda bola. Jarak elektroda adalah 7 mm. Skema dan data pengujian tegangan tinggi *discharge* dengan variasi jarak elektroda 7 mm ditunjukkan pada Gambar 12 dan Tabel 4



Gambar 12. Skema Pengujian Tegangan Tinggi Impuls Elektroda Setengah Bola (Tegangan Tinggi) dan Elektroda Bola (Ground) Jarak 7 mm

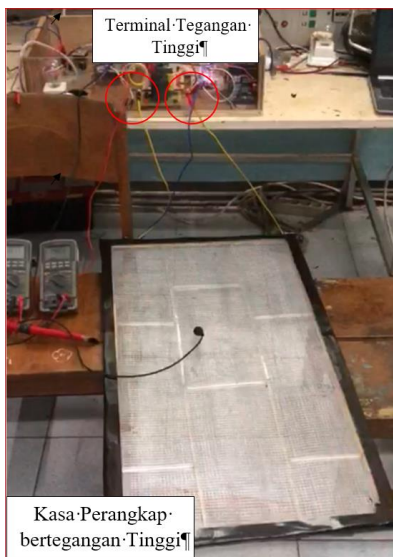
Tabel 4. Data Pengujian Tegangan Tinggi Impuls Elektroda Setengah Bola (Tegangan Tinggi) dan Elektroda Bola (Ground) Jarak 7 mm

Tegangan Terapan (kV)	Kondisi Elektroda
1,1	Tidak ada Discharge
2,9	Tidak ada Discharge
3,6	Tidak ada Discharge
4,9	Tidak ada Discharge
5,8	Tidak ada Discharge
6,7	Tidak ada Discharge
8,2	Tidak ada Discharge
14,6	Discharge

Dari Tabel 4 dapat dilihat pada tegangan 1,1 kV; 2,9 kV; 3,6 kV; 4,9 kV; 5,8 kV; 6,7 kV; dan 8,2 kV tidak ada reaksi *discharge*. Hal ini disebabkan medan listrik yang dihasilkan dari tegangan pada sela bola jarak 5 mm belum cukup untuk dapat terjadi *discharge*. Proses *discharge* terdeteksi pada tegangan 12,3. Semakin tinggi tegangan yang diterapkan, maka medan listrik yang dihasilkan semakin besar sehingga terjadi *discharge* pada elektroda bola – setengah bola jarak sela 7 mm.

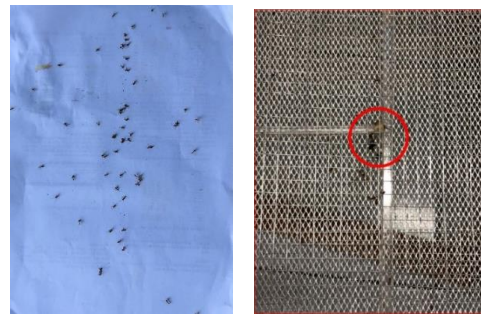
3.4. Implementasi Dengan Kasa Perangkap

Pemasangan kasa pada keseluruhan alat dimulai dengan pengenalan berbagai bagian pada kasa. Pengujian dilakukan dengan meletakkan serangga pada kasa agar terjadi breakdown pada kasa akibat bagian tubuh serangga target menjadi penghubung terhadap kasa tegangan tinggi dengan kasa ground. Pengujian ini dilakukan dengan tegangan tetap yaitu 6,7 kV dengan frekuensi 27 kHz serta duty cycle sebesar 50%.

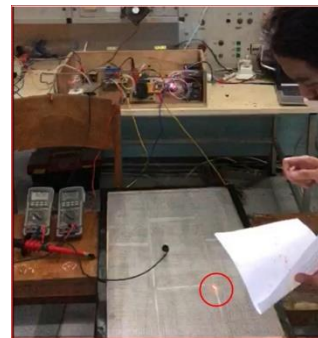


Gambar 13. Bagian Kasa Perangkap Bertegangan Tinggi

Pada Gambar 13 dapat dilihat berbagai bagian pada kasa perangkap bertegangan tinggi. Kasa perangkap dirancang dengan memisahkan konduktor kasa bertegangan tinggi dengan kasa Ground. Kasa perangkap dibagi menjadi 3 lapisan yaitu 2 lapisan Kasa luar yang merupakan kasa ground serta 1 lapisan kasa tengah yang merupakan bagian fasa bertegangan tinggi. Pada pengujian terbukti ketika serangga tertempel pada kasa perangkap, maka terjadi percikan bunga api *discharge* pada kasa akibat serangga tersebut menjadi jembatan penghubung antara kasa bertegangan tinggi bagian tengah dengan kasa ground bagian luar.



(a) (b)



(c)

Gambar 14. Pengujian Kasa Perangkap

- (a) Serangga sebagai Objek Pengujian
- (b) Bunga Api Akibat Serangga
- (c) Serangga Terbakar pada Kasa

Pada Gambar 14 ditunjukkan proses persiapan pengujian dengan menyoiapkan serangga sebagai objek pengujian, lalu saat pengujian ditunjukkan dengan serangga yang tersengat tegangan tinggi, dan juga kondisi serangga saat serangga sudah terkena tegangan tinggi

4. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pengujian, dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut.

Pembangkit tegangan tinggi impuls dengan memanfaatkan MOSFET Kontrol *Switching* pada konverter flyback telah berhasil dibuat dan menghasilkan tegangan keluaran tanpa beban sebesar 6.7 kV dengan tegangan masukan 24 VAC pada duty cycle 50%. Pensaklaran dengan MOSFET tercapai ketika diberikan suplai tegangan dari rangkaian daya 24 V

Pada pengujian tegangan keluaran MOSFET Kontrol konverter flyback dengan variasi frekuensi *switching* yang disuplai pada MOSFET dihasilkan tegangan keluaran sebesar 8.2 kV pada frekuensi 27 kHz. Saat pengujian, proses terjadinya *discharge* dengan elektroda setengah bola (tegangan tinggi) dan elektroda

Referensi

- [1]. M. H. Rashid, *Power Electronics Handbook*, Third Ed. United Kingdom: Elsevier, 2011.
- [2]. A. Mahmud and A. Syakur, "Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls 12 , 80 kV Dengan Menerapkan Zero Current Switching (ZCS) Pada Konverter Flyback," *ejournal3 UNDIP* 2018.
- [3]. PRESSMAN, Abraham. *Switching power supply design*. McGraw-Hill, Inc., 1997.
- [4]. LIN, Bor-Ren; CHENG, Po-Jen. New ZVS DC-DC converter with series-connected transformers to balance the output currents. *IEEE transactions on power electronics*, 2013, 29.1: 246-255.
- [5]. PRAKOSA, Johannes Nugroho Adhi; FACTA, Mochammad; RIYADI, Munawar Agus. Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls Berbasis Konverter Flyback. *Transmisi*, 2015, 17.2: 63-69.
- [6]. Muhammad Syaifulhaq, Agung Warsito, and Karnoto "Perancangan Inverter Half Bridge Zero Voltage Switching Pada Aplikasi Ballast Elektronik Untuk Lampu High Pressure Sodium" *UNDIP*. 2013
- [7]. Z. Azmy Maulana, M. Andika Pratyaksa, and Tejo Sukmadi "Purwarupa Mesin Lichtenberg Wood-Burning Menggunakan Modul Triac Dimmer Dan Zvs Flyback Driver" *UNDIP*. 2019
- [8]. Z. J. Al-Rasyid Arief Rahman "Perancangan Zero Voltage Switching Buck Converter Dengan Beban Resistif Bervariasi Dan Sebagai Catu Daya Untuk Motor Arus Searah" *UNDIP* 2018
- [9]. D. Bagus Saputra, H. Suryoatmojo, dan A. Musthofa "Desain dan Implementasi Soft Switching Boost Konverter Dengan Simple Auxillary Resonant Switch (SARC)" *ITS* 2016
- [10]. A. Warsito, "MOSFET," in *Buku Ajar Mata Kuliah Elektronika Daya*,
- [11]. Muhamad, N. A. (2014). *Design of zero-current switching DC-DC buck converter* (Doctoral dissertation, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia).
- [12]. LIN, Bor-Ren; SHEN, Sin-Jih. Interleaved ZVS resonant converter with a parallel-series connection. *Journal of Power Electronics*, 2012, 12.4: 528-537.
- [13]. Abduh, Syamsir. 2001. *In Dasar Pembangkitan dan Pengukuran Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta: Salemba Teknika
- [14]. Giorgio Spiazzi, Simone Buso, "Power Factor Regulators Based on Combined Buck Flyback Topologies", *IEEE Transaction on Power Electronics*, Vol.15, No.2, March 2000
- [15]. M. Zaenal Efendi, M.Ashari, Margo P,"A Single Stage Power Factor Correction (PFC) Using Parallel Circuit of Flyback Converter, Master Thesis, Dept. of Electrical Eng, ITS, Surabaya, 2004.