

APLIKASI BUCKBOOST CONVERTER SEBAGAI PENYEDIA DAYA ARUS SEARAH PADA RANGKAIAN TEGANGAN TINGGI IMPULS

Adam Kusuma Wardana^{*)}, Mochammad Facta, and Munawar Agus Ryadi

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

^{*)}Email : adamfoe04@gmail.com

Abstrak

Buckboost Converter merupakan salah satu tipe DC Chopper yang mempunyai nilai tegangan keluaran lebih besar atau lebih kecil dari nilai tegangan masukan. Polaritas tegangan keluarannya berbanding terbalik dengan tegangan masukan. Tegangan keluaran dapat diatur berdasarkan pengaturan duty cycle pada switching MOSFET. Atas dasar karakteristik Buckboost Converter di atas maka pada penelitian ini, Buckboost Converter akan dicoba untuk diaplikasikan sebagai penyedia tegangan DC variabel untuk rangkaian tegangan tinggi impuls. Buckboost Converter dipilih karena memiliki efisiensi yang cukup tinggi dan secara fisik lebih kecil daripada sumber tegangan AC yang dapat diatur (variac) pada umumnya. Buckboost Converter dirancang untuk menyuplai pembangkit tegangan tinggi impuls yang menggunakan trafo flyback. Trafo flyback digunakan karena memiliki struktur yang sederhana tapi mampu menghasilkan tegangan keluaran mencapai 20 kV. Beban yang digunakan berupa plat elektroda yang bisa menghasilkan ozon karena mudah dalam pembuatannya dan memiliki nilai resistansi yang tinggi sehingga dapat meningkatkan tegangan tinggi impuls. Berdasarkan hasil pengujian, tegangan Buckboost Converter yang digunakan untuk mensuplai trafo flyback adalah 5,47 Volt, 8,5 Volt, 12,9 Volt dan 19,6 Volt, tegangan tersebut diatur dengan duty cycle secara berurutan yakni 10%, 20%, 30%, dan 40%. Tegangan tinggi impuls yang dihasilkan dari flyback adalah 4,12 kV, 6,8kV, 14,22kV, dan 20,11 kV.

Kata Kunci : Buckboost Converter, flyback, tegangan tinggi impuls

Abstract

Buckboost Converter is a type of DC Chopper that has an output voltage magnitude that is either greater than or less than the input voltage magnitude. The output voltage is of the opposite polarity than the input. The output voltage is adjustable based on the duty cycle of the switching MOSFET. Based on the Buckboost Converter characteristics on the above, so in this research, Buckboost Converter will be attempted to be applied as a variable DC voltage source to a high voltage impulse circuit. Buckboost Converter is chosen because it has a fairly high efficiency and is physically smaller than the AC voltage source that can be set (variac) in general. Buckboost Converter is designed to supply the high voltage impulse generator that uses the flyback transformer. Flyback transformer is used because it has a simple structure but is capable to generate output voltages up to 20 kV. The load to be used is in the form of plate electrodes that can produce ozone because it is easy to make and has a high resistance value so as to increase the high voltage impulse. Based on test results, Buckboost Converter voltages used to supply the flyback transformer are 5.47 volts, 8.5 volts, 12.9 volts and 19.6 volts, the voltage is adjustable based on the duty cycle in a sequence are 10%, 20%, 30%, and 40%. High voltage impulses generated from the flyback are 4.12 kV, 6.8kV, 14.22kV, and 20.11 kV.

Keywords: Buckboost Converter, flyback, high voltage impulse

1. Pendahuluan

Dalam elektronika daya kita mengenal konverter DC-DC atau yang sering disebut DC Chopper. DC Chopper sering digunakan sebagai regulator tegangan. Baik menurunkan nilai tegangan maupun menaikkan nilai tegangan, sesuai dengan tipenya. Pada Penelitian ini penulis menggunakan DC Chopper tipe Buckboost atau biasa disebut *Buckboost*

Converter. *Buckboost Converter* berfungsi untuk mengubah level tegangan DC, baik ke level yang lebih tinggi maupun ke level yang lebih rendah. *Buckboost Converter* dipilih karena memiliki efisiensi yang tinggi. Seiring dengan perkembangan jaman maka metode konvensional dalam pembangkitan tegangan tinggi salah satunya pembangkitan tegangan tinggi impuls mulai diperbaharui menjadi lebih sederhana yaitu dengan

memanfaatkan komponen elektronika daya. Salah satu komponen yang sering digunakan untuk menghasilkan pembangkit tegangan tinggi impuls menggunakan *flyback* sebagai trafo tegangan tinggi yang berfungsi sebagai menaikkan tegangan dari tegangan rendah menjadi tegangan tinggi

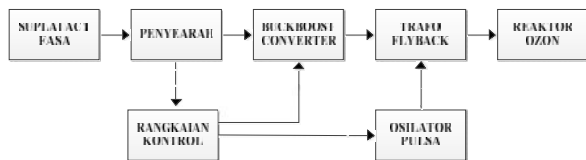
Pada Penelitian ini *Buckboost Converter* berfungsi sebagai regulator untuk tegangan input DC ke trafo *flyback*. Secara fisik *Buckboost Converter* lebih kecil daripada regulator AC pada umumnya. Dengan demikian maka tegangan masukan trafo *flyback* menjadi lebih fleksibel dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

Tujuan utama dalam penelitian ini adalah membuat suatu alat atau hardware (perangkat keras) pembangkit tegangan tinggi impuls yang mengkonversi energi listrik dari tegangan rendah menjadi tegangan tinggi. Membuat *Buckboost Converter* sebagai penyedia daya arus searah untuk rangkaian tegangan tinggi impuls. Merancang penggunaan trafo *flyback* sebagai trafo tegangan tinggi.

2. Metode

2.1. Blok Diagram Perancangan Alat

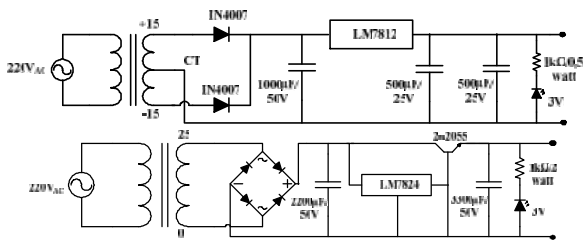
Perancangan alat pada penelitian ini terdiri dari suplai AC 1 fasa, penyearah, kontrol PWM DC Chopper, Buckboost Converter, osilator pulsa, trafo flyback, dan reaktor ozon.



Gambar 1. Blok diagram alat

2.2. Penyearah

Penyearah berfungsi mengubah tegangan AC menjadi DC digunakan sebagai suplai daya untuk *Buckboost Converter*, rangkaian PWM DC Chopper, dan rangkaian osilator pulsa. Gambar 2 menunjukkan rangkaian penyearah pada penelitian ini:

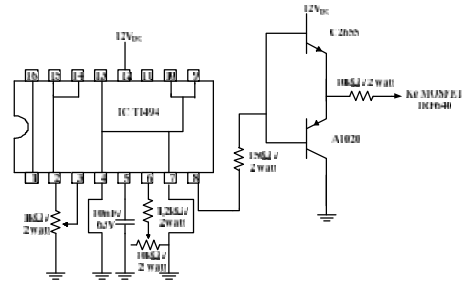


Gambar 2. Rangkaian penyearah

Agar nilai tegangan sesuai yang diinginkan, yaitu 12V dan 24V maka digunakan regulator LM7812 dan LM7824.

2.3. Rangkaian PWM DC Chopper

Rangkaian PWM DC Chopper menggunakan IC TL494.

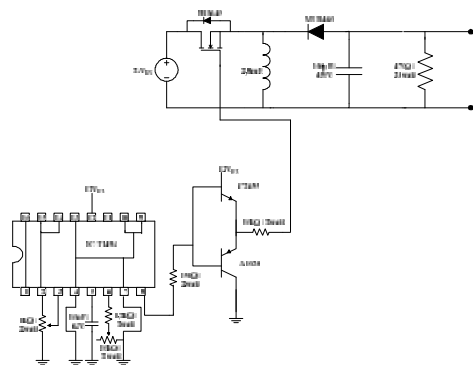


Gambar 3. Rangkaian PWM DC Chopper

Keluaran IC TL494 dihubungkan dengan rangkaian totempole untuk mengurangi *power losses* akibat *switching* pada frekuensi tinggi.

2.4. Buckboost Converter

Buckboost Converter akan digunakan sebagai penyedia daya DC untuk rangkaian tegangan tinggi impuls. Blok rangkaian *Buckboost Converter* dapat dilihat pada Gambar 4. berikut ini:



Gambar 4. Buckboost Converter

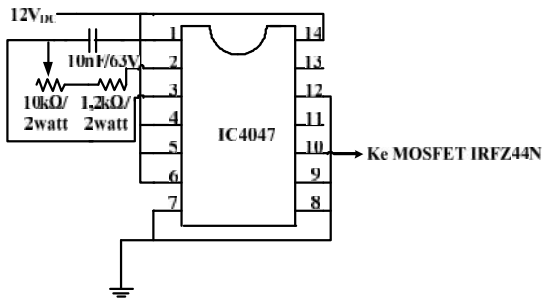
Perancangan *Buckboost Converter* memiliki parameter sebagai berikut:

Tabel 1. Data parameter *Buckboost Converter*

Tegangan Masukan (V_{in})	24 VDC
Frekuensi Pemicu (F)	9000 Hz
Duty Cycle	0,1- 0,9
Hambatan Beban (R)	470 ohm
MOSFET	IRF640
Dioda	MUR460
Induktor	2,8 mH
Kapasitor	100 µF

2.5. Rangkaian Osilator Pulsa

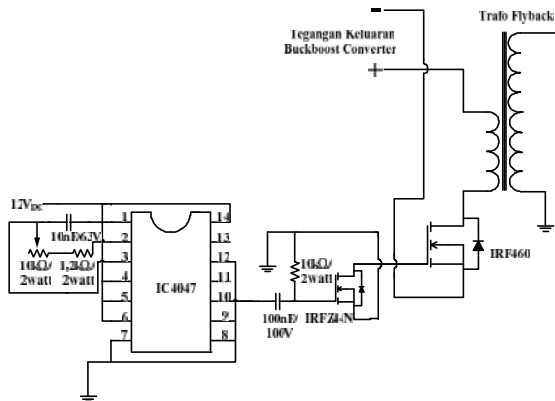
Osilator pulsa sebagai rangkaian control menggunakan IC 4047. IC 4047 ini berfungsi untuk menghasilkan gelombang kotak sebagai pemicuan pada MOSFET IRF460 pada rangkaian daya tegangan tinggi impuls dengan duty cycle 50% melalui rangkaian driver yaitu MOSFET IRFZ44N.



Gambar 5. Skema rangkaian osilator pulsa

2.6. Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls

Pembangkit tegangan tinggi impuls ini terdiri dari dua bagian, yaitu rangkaian kontrol sebagai osilator pulsa dan rangkaian daya. Osilator pulsa berfungsi memberikan tegangan impuls untuk pensaklaran MOSFET IRF460.



Gambar 6. Skema rangkaian driver tegangan tinggi impuls

3. Hasil dan Analisa

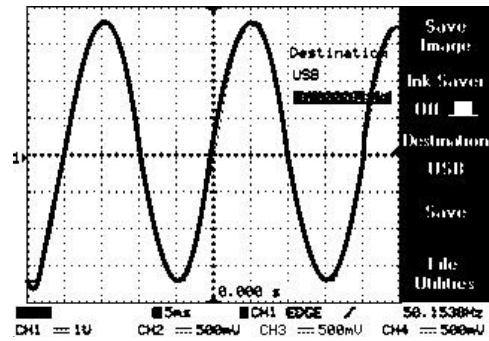
3.1. Pengujian Jala-Jala PLN

Bentuk dan besarnya tegangan dapat dilihat seperti pada gambar 7:

Nilai tegangannya adalah
 $V_p = 3,2 \text{ div} \times 10 \text{ V/div} \times 10 = 320 \text{ Volt}$

Dan apabila dihitung tegangan rata-ratanya adalah

$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = \frac{320}{\sqrt{2}} = 226 \text{ Volt}$$

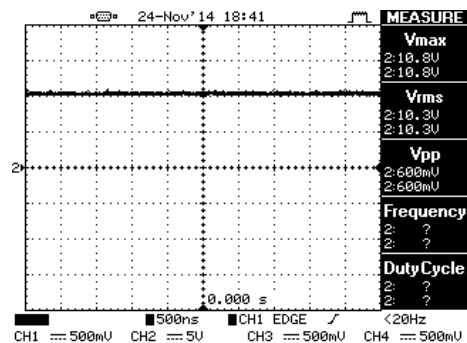


Gambar 7. Tegangan Jala-jala PLN 10 V/div, 5 ms/div, probe x 10

3.2. Pengujian Penyearah Tegangan

Terdapat 2 buah penyearah yaitu untuk suplai daya DC Chopper dan suplai daya rangkaian kontrol.

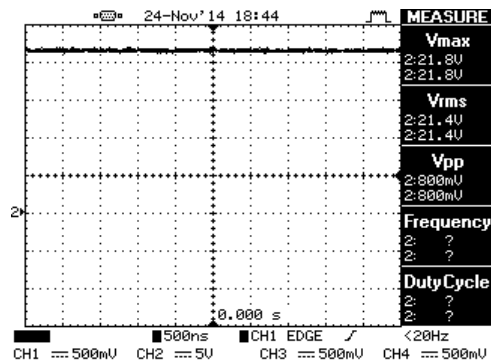
3.2.1. Penyearah Untuk Rangkaian Kontrol



Gambar 8. Tegangan keluaran penyearah untuk rangkaian kontrol probe x1, 5V/div, T/div 2,5us

Besarnya tegangan adalah
 $V_{DC} = 2,16 \text{ div} \times 5 \text{ V/div} = 10,8 \text{ Volt}$

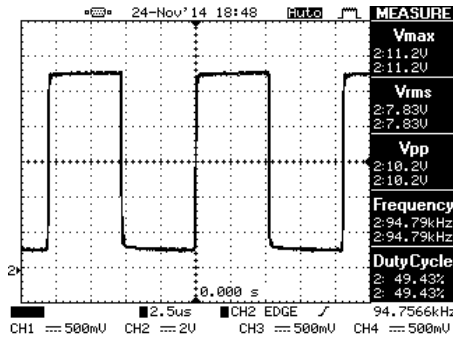
3.2.2. Penyearah Untuk Rangkaian DC Chopper



Gambar 9. Tegangan keluaran penyearah untuk rangkaian DC Chopper probe x1, 5V/div, T/div 500ns

Besarnya tegangan adalah
 $V_{DC} = 4,36 \text{ div} \times 5 \text{ V/div}$
 $= 21,8 \text{ Volt}$

3.3. Pengujian Rangkaian PWM DC Chopper

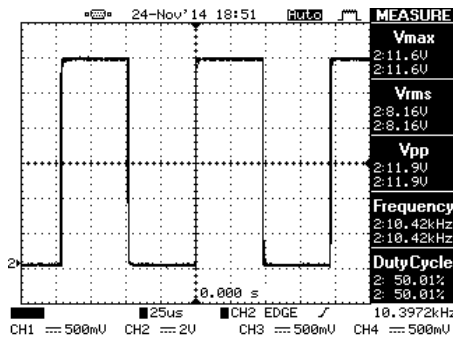


Gambar 10. Gelombang keluaran PWM Frekuensi 90 kHz, probe x1, 2V/div, T/div 2,5us

Dari Gambar 10. di atas, dapat diketahui bahwa nilai tegangan *peak to peak* (V_{pp}) adalah
 $V_{pp} = 5,1 \text{ div} \times 2 \text{ V/div}$
 $= 10,2 \text{ Volt}$

Nilai ideal dari V_{pp} adalah sama dengan V input (12 V). Meskipun demikian, nilai V_{pp} yang dihasilkan sudah cukup untuk memicu MOSFET pada rangkaian DC Chopper.

3.4. Pengujian Rangkaian Osilator Pulsa



Gambar 11. Gelombang Keluaran IC 4047 Frekuensi 10,42 kHz, probe x1, 2V/div, T/div 25us

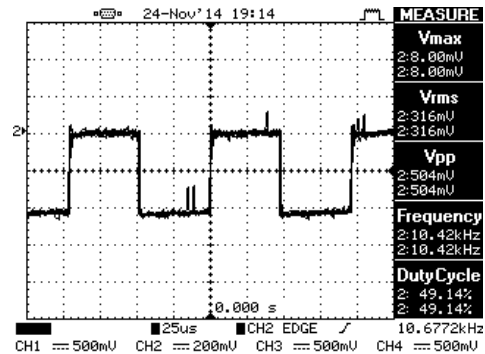
Gambar 11. di atas terlihat bahwa tegangan keluaran dari IC 4047 berupa tegangan kotak dengan besar tegangan mencapai 5,95 div. Nilai tegangan *peak to peak* (V_{pp}) adalah:

$$V_{pp} = 5,95 \text{ div} \times 2 \text{ V/div}$$

$$= 11,9 \text{ volt}$$

Rangkaian osilator pulsa ini menggunakan *driver* MOSFET IRFZ44N agar dapat memicu

MOSFET IRF460. Bentuk gelombang tegangan MOSFET IRF460 ditunjukkan pada Gambar 12. di bawah ini:



Gambar 12. Gelombang MOSFET IRF460 Probe x10, 200mV/div, T/div 25us

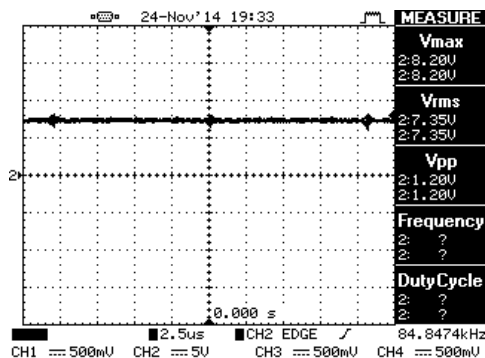
Gambar 12. di atas terlihat bahwa bentuk gelombang tegangan keluaran MOSFET IRF460 yaitu kotak, dengan frekuensi 10,42 kHz.

3.4. Pengujian Rangkaian Buckboost Converter

Pengujian Buckboost Converter meliputi pengujian tegangan keluaran, perhitungan efisiensi, dan pengujian gelombang arus.

3.4.1. Pengujian Tegangan Keluaran

Gambar 13. merupakan hasil pengujian tegangan keluaran *Buckboost Converter* pada *duty cycle* 20 %:



Gambar 13. Tegangan keluaran *Buckboost Converter*; 5 V/div, 2,5μs/div, probe x1

Dari gambar 13. di atas, dapat diketahui bahwa tegangan keluarannya sebesar 1,2 div., sehingga nilainya dapat dihitung:

$$V_{out} = 1,64 \text{ div} \times 5 \text{ V/div}$$

$$= 8,7 \text{ V}$$

Pada Tabel 2. berikut dapat dilihat hasil pengukuran tegangan keluaran DC Chopper

Tabel 2. Pengujian rangkaian DC Chopper

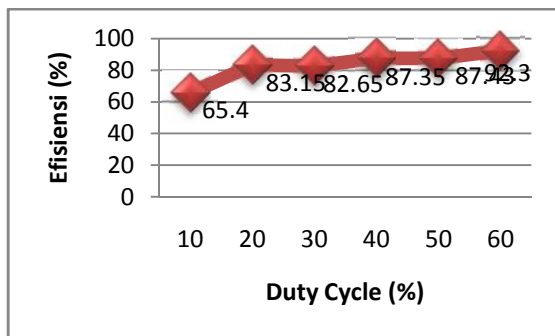
No	Duty Cycle (%)	V _{in} (V)	I _{in} (A)	V _o (V)	I _o (A)
1	10	23	0,004	5,47	0,011
2	20	23	0,008	8,5	0,018
3	30	23	0,019	12,9	0,028
4	40	23	0,040	19,6	0,041
5	50	23	0,087	29,16	0,060
6	60	23	0,192	44,3	0,092

3.4.2. Perhitungan Efisiensi Buckboost Converter

Hasil perhitungan efisiensi *Buckboost Converter* dapat dilihat pada tabel 4.2 di bawah ini:

Tabel 3. Perhitungan efisiensi DC Chopper

No	Duty Cycle (%)	V _{in} (V)	I _{in} (A)	V _o (V)	I _o (A)	Efisiensi i (%)
1	10	23	0,004	5,47	0,011	65.4
2	20	23	0,008	8,5	0,018	83.15
3	30	23	0,019	12,9	0,028	82.65
4	40	23	0,040	19,6	0,041	87.35
5	50	23	0,087	29,16	0,060	87.43
6	60	23	0,192	44,3	0,092	92.3

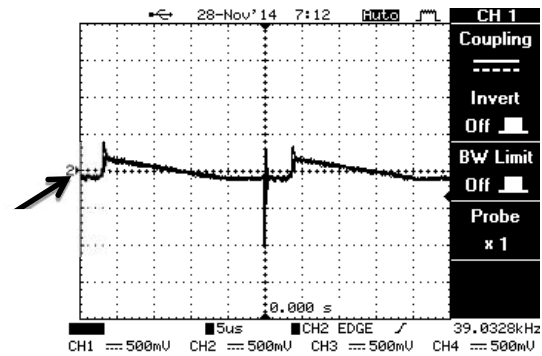


Gambar 14. Grafik perbandingan *duty cycle* – efisiensi *Buckboost Converter*

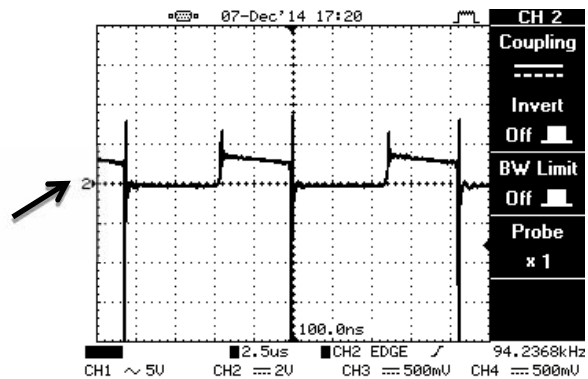
Berdasarkan Gambar 14, terlihat bahwa efisiensi *Buckboost Converter* cukup tinggi. Dimana rata-ratanya di atas 83%.

3.4.3. Pengujian Gelombang Arus Buckboost Converter

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah *Buckboost Converter* bekerja pada mode *Continuous Current Mode (CCM)* atau *Discontinuous Current Mode (DCM)*. Frekuensi yang dipilih pada pengujian ini adalah 40kHz dan 90kHz. Berikut adalah gambar gelombang arus pada *Buckboost Converter* :



(a)

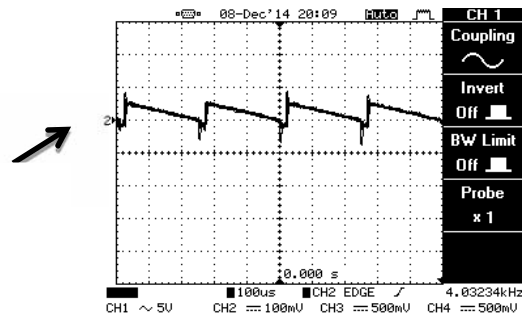


(b)

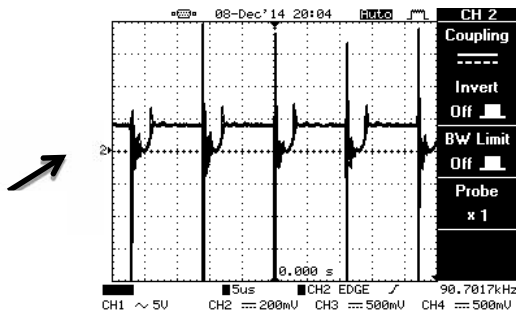
Gambar 15. Gelombang arus *Buckboost Converter* (a) frekuensi 40 kHz (b) frekuensi 90 kHz

Berdasarkan Gambar 15. (a) dan (b) terlihat bahwa arus mencapai titik nol atau *ground*. Dengan demikian maka *Buckboost Converter* bekerja pada mode *DCM*. Induktor yang digunakan nilainya 2,8mH.

Dilakukan pengujian lagi dengan induktor yang lebih besar nilai nya yaitu 40 mH. Frekuensi yang digunakan adalah 4 kHz dan 90 kHz. Gambar 16. berikut menunjukkan bentuk gelombang arusnya:



(a)

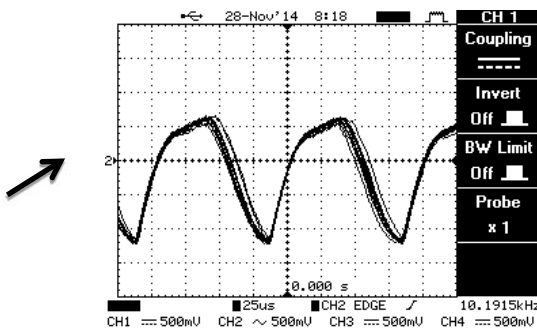


(b)

Gambar 16. Gelombang arus Buckboost Converter (a) frekuensi 4 kHz (b) frekuensi 90 kHz

Berdasarkan Gambar 16. (a) dan (b), terlihat bahwa arus mencapai titik nol atau *ground*. Maka dengan induktor 40mH Buckboost Converter masih bekerja pada mode DCM. Dengan demikian, Buckboost Converter digunakan sebagai penyedia daya DC untuk rangkaian tegangan tinggi impuls dengan mode DCM.

3.4. Pengujian Tegangan Tinggi Impuls



Gambar 17. Gelombang tegangan tinggi keluaran trafo flyback; 500mV/div, 25µs/div, probe x1000, frekuensi 10.19 kHz

Gambar 17. merupakan gelombang tegangan tinggi impuls dengan variasi duty cycle pada Buckboost Converter sebesar 10%. Terlihat bahwa besarnya tegangan adalah 3,3 div sehingga nilai tegangan *peak to peak* adalah

$$V_{pp} = 3,6 \text{ div} \times 500\text{mV/div} \times 1000$$

$$V_{pp} = 1800 \text{ volt}$$

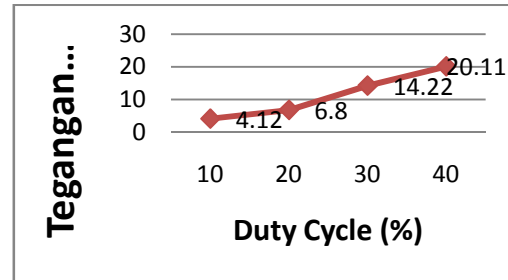
$$V_{pp} = 1,8 \text{ kilovolt}$$

Data pengujian tegangan tinggi impuls dengan variasi duty cycle dapat dilihat pada table di bawah ini:

Tabel 4.3 Data pengujian variasi *duty cycle*

No	Duty Cycle (%)	V _{in} Buckboost (V)	V _o Buckboost (V)	Tegangan Tinggi (kV)
1	10	23	5,47	4,12
2	20	23	8,5	6,8
3	30	23	12,9	14,22
4	40	23	19,6	20,11

Dari table di atas dapat dibuat grafik sebagai berikut:

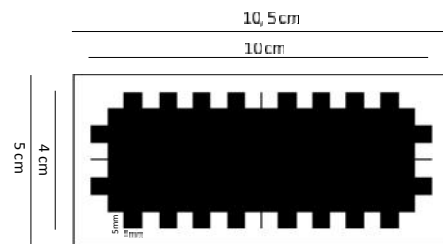


Gambar 18. Grafik hubungan antara *duty cycle* dengan tegangan tinggi

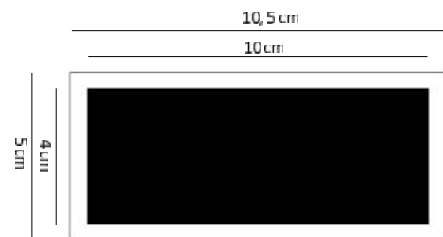
Dari grafik terlihat semakin besar *duty cycle* yang digunakan maka akan semakin besar pula tegangan tinggi yang dihasilkan.

3.5. Pengujian Reaktor Ozon

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengalirkan tegangan tinggi impuls ke plat elektroda reaktor ozon. Gambar 19. berikut merupakan elektroda plat yang digunakan sebagai reaktor ozon.



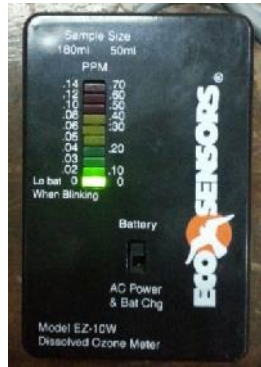
(a)



(b)

Gambar 19. Konfigurasi elektroda reaktor ozon (a) elektroda positif (b) elektroda negatif

Oksigen yang digunakan berasal dari udara bebas yang dipompa dengan pompa udara. Gambar 20. berikut adalah gambar detektor ozon dengan detektor ozon ketika tidak mendeteksi adanya ozon



Gambar 20. Detektor ozon ketika tidak mendeteksi adanya ozon

Berdasarkan Gambar 20., terlihat bahwa lampu pada indikator ozon berada pada titik nol.

Pengujian reaktor ozon dilakukan dengan menginjeksikan tegangan tinggi impuls sebesar 4,12 kV, 6,8 kV, 14,22 kV, dan 20,11 kV. Hasil dari pengujian ditampilkan pada Gambar 21 – Gambar 24 sebagai berikut:



Gambar 21. Pengukuran ozon dengan tegangan tinggi impuls sebesar 4,12 kV selama 30 detik



Gambar 22. Pengukuran ozon dengan tegangan tinggi impuls sebesar 6,8 kV selama 30 detik



Gambar 23. Pengukuran ozon dengan tegangan tinggi impuls sebesar 14,22 kV selama 30 detik



Gambar 24. Pengukuran ozon dengan tegangan tinggi impuls sebesar 20,11 kV selama 10 detik

Gambar 21. terlihat bahwa lampu indikator masih berada pada posisi 0, sehingga dengan tegangan tinggi impuls sebesar 4,12 kV dan pengukuran selama 30 detik masih belum terdeteksi adanya ozon.

Gambar 22. terlihat bahwa lampu indikator berada pada posisi 10, sehingga dengan tegangan tinggi impuls sebesar 6,8 kV dan pengukuran selama 30 detik sudah terdeteksi adanya ozon.

Gambar 23. terlihat bahwa lampu indikator berada pada posisi 70, sehingga dengan tegangan tinggi impuls sebesar 14,22 kV dan pengukuran selama 30 detik sudah terdeteksi adanya ozon.

Gambar 24. terlihat bahwa lampu indikator berada pada posisi 70, sehingga dengan tegangan tinggi impuls sebesar 20 kV dan pengukuran selama 10 detik sudah terdeteksi adanya ozon.

Berdasarkan Gambar 21 – Gambar 24 dapat diketahui bahwa semakin besar tegangan tinggi impuls yang diinjeksikan ke reaktor ozon maka semakin cepat produksi ozon dan semakin besar kapasitas ozon yang dihasilkan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan, *Buckboost Converter* dapat menghasilkan tegangan keluaran lebih besar atau lebih kecil dari tegangan masukan. Polaritas tegangan keluaran *Buckboost Converter* berbanding terbalik dari tegangan masukan. Nilai efisiensi *Buckboost Converter* cukup tinggi dengan rata-rata efisiensinya mencapai 83%. Tegangan *Buckboost Converter* yang digunakan untuk mensuplai trafo *flyback* adalah 5,47 Volt, 8,5 Volt, 12,9 Volt dan 19,6 Volt, diatur dengan *duty cycle* secara berurutan 10%, 20%, 30%, dan 40%. Dengan masukan tegangan dari *Buckboost Converter* sebesar 5,47 Volt, 8,5 Volt, 12,9 Volt dan 19,6 Volt, tegangan tinggi impuls yang dihasilkan oleh *flyback* adalah secara berurutan 4,12 kV, 6,8kV, 14,22kV, 20,11 kV. Tegangan tinggi impuls yang diinjeksikan ke plat elektroda dapat menghasilkan ozon. Untuk kepentingan pengembangan penelitian ini, maka penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan DC Chopper dengan topologi lainnya sebagai regulator tegangan seperti Buck, Boost, Cuk, dan Sepic. Suplai daya DC pada penelitian ini dapat disederhanakan dengan menggunakan baterai atau aki.

Referensi

- [1]. Kazimierczuk, Marian. 2008. *Pulse-width Modulated DC-DC Power Converters*. Ohio : Wright State University Dayton
- [2]. Tobing, B.L. 2003. *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama
- [3]. Rashid, M. H. 1993. *Power Electronics : Circuit, Devices, and Application*. New Jersey : Prentice-Hall International Inc
- [4]. Abduh, Syamsir. *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta, Salemba : Teknika
- [5]. Pressman, Abraham I. 2000. *Switching Power Supply Design*, 3rd ed. New York : McGraw-Hill
- [6]. Syahbi, Anggakara. 2011. Penelitian: *Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi DC Untuk Proses Powder Coating Secara Elektrostatik*. Universitas Diponegoro
- [7]. Purba, Irpan Logitra. 2013. Penelitian : *Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls untuk Mengurangi Jumlah Bakteri pada Susu Perah*. Semarang : Universitas Diponegoro
- [8]. Hidayat, Suryo Mochamad. 2010. Skripsi : *Rancang Bangun Buck Boost Konverter*. Depok : Universitas Indonesia
- [9]. Budiman, Rezon Arif. 2012. Penelitian : *Perancangan Half Bridge Inverter untuk Catu Daya Pemanas Induksi pada Alat Extruder Plastik*. Semarang : Universitas Diponegoro
- [10]. -----, CD4047BC Low Power Monostable/Astable Multivibrator, Fairchild Semiconductor, 1999
- [11]. Arifin, Fajar. 2009. Penelitian : *Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls untuk Aplikasi Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Ringan dengan Teknologi Plasma Lucutan Korona*. Semarang : Universitas Diponegoro
- [12]. Bimo. 2011. Penelitian : *Aplikasi Ignition Coil sebagai Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls untuk Penyedia Daya Reaktor Ozon*. Semarang : Universitas Diponegoro
- [13]. Yusuf, Baharudin. 2008. Penelitian : *Aplikasi Tegangan Tinggi Impuls Pada Pembuatan Reaktor Ozon (O₃)*. Semarang : Universitas Diponegoro
- [14]. Version 2 EE IIT, Kharagpur 2, Module 2, Lesson 22, *Fly-back Type Switched Mode Power Supply*
- [15]. Vladimir, Bloschitsyn. *Review Of Surface Discharge Experiments*. St.-Petersburg State University, Physics Faculty
- [16]. Eric Moreau, Luc Leger, Gerard Touchard. *Effect Of A DC Surface-Corona Discharge On A Flat Plate Boundary Layer For Air Flow Velocity Up To 25 m/s*