PEMBUATAN ALAT PEMBANGKIT LISTRIK TEGANGAN TINGGI DENGAN METODE FLYBACK TRANSFORMATOR (FBT) DENGAN MENGGUNAKAN PENGATURAN JARAK BOLA (SPHERE GAP)

M. Ari Fahril[1], Afrahun Naziah[1], Wilda Jerohmitha[2], Muhammad Gempa[2], Julkhairani[2]
[1]Program Studi Geofisika, Fakulas Teknik, Universitas Samudra, Langsa, Aceh, Indonesia
[2] Program Studi Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Samudra, Langsa, Aceh, Indonesia
Email : muhammadarifahril@unsam.ac.id *
(Received: December 2023 / Revised: December 2023 / Accepted : December 2023)

ABSTRAK

Pada dasarnya, alat pembangkit listrik tegangan tinggi bisa dibuat dengan menggunakan banyak metode, seperti metode flyback transformator dengan keluaran nya yaitu tegangan tinggi DC. Metode Flyback transformator (FBT) adalah salah satu metode yang sering digunakan dalam membangkitkan tegangan tinggi dengan sumber tegangan DC rendah. Kelebihan metode ini adalah memiliki rangkaian sederhana, efisien dan murah. Rangkaian ini terdiri dari 2 flyback trafo sebagai komponen utama nya yang dirangkai secara seri, mikrokontroler ATMega 328, Mosfet, dan beberapa komponen pendukung lainnya. ATMega sebagai pemberi instruksi dan penghasil PWM digunakan untuk mengontrol keluaran dari tegangan tinggi flyback berdasarkan frekuensi dan duty cycle. PWM yang berasal dari ATMega akan masuk ke optocoupler sebelum menuju ke Mosfet. Setelah melewati optocoupler, PWM dari ATMega akan menggerakkan Mosfet sehingga menghasilkan frekuensi pada tegangan DC yang memungkinkan arus mengalir dan menginduksi lilitan primer flyback. Tegangan awal berasal dari PSA. Setelah itu, Mosfet yang sudah memiliki frekuensi tinggi akan meneruskan ke flyback trafo untuk menghasilkan tegangan tinggi, sesuai dengan duty cycle yang diatur oleh potensiometer. Frekuensi dan Duty Cycle akan ditampilkan pada LCD. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa duty cycle dan frekuensi akan berpengaruh pada keluaran tegangan tinggi. Pada elektroda, akan diuji medan elektrik menggunakan medium udara dengan bentuk elektroda sphere gap (bola berjarak). Tujuan pembuatan pembangkit listrik tegangan tinggi yaitu dengan menggunakan metode flyback transformator dapat menghasilkan tegangan tinggi dan menggunakan pengaturan bola berjarak (Sphere Gap) dengan rangkaian yang sederhana untuk digunakan pada beberapa contoh pengaplikasian seperti alternatif pasteurisasi susu, pengolahan limbah cair industri dan sebagainya.
Kata Kunci: *Flyback; Transformator; Sphere Gap; Tegangan tinggi DC*

1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tegangan tinggi pada umumnya dilakukan dengan rangkaian yang berukuran rumit dan besar. Seiring berkembangnya penelitian tentang disegala bidang saat ini, dibutuhkan rangkaian yang lebih sederhana agar dapat memudahkan penelitian untuk mengembangkan aplikasi ini. Pembangkitan tegangan tinggi dibagi menjadi pembangkitan tegangan tinggi searah (DC), pembangkitan tegangan tinggi bolak-balik (AC), dan pembangkitan tegangan tinggi impuls. Untuk saat ini, pemakaian alat pembangkit listrik tegangan tinggi masih belum banyak ditemukan, karena penggunaan alat pembangkit tegangan tinggi ini belum didukung ketersediaan alat dan juga memang diperlukan penanganan khusus oleh pihak pihak yang cukup ahli, sehingga alat pembangkit tegangan tinggi hanya dapat ditemukan di tempat-tempat tertentu saja.

Pemakaian pembangkit tegangan tinggi pun cukup mahal, seperti alat-alat pendukung dan komponen untuk pembangkit tegangan tinggi dan juga perawatan alat pembangkit tegangan tinggi yang harus sangat diperhatikan. Seiring berkembangnya penelitian, dibutuhkan rangkaian yang lebih sederhana dan mudah untuk membangkitkan tegangan tinggi. Rangkaian yang lebih sederhana bisa memudahkan penelitian, baik penelitian berskala laboratorium maupun penelitian berskala industri. Salah satu metode yang bisa digunakan adalah menggunakan Flyback Transformator[1]. Beberapa contoh penggunaan pembangkit tegangan tinggi yaitu sebagai alat pasteurisasi susu, elektroporasi, dan pembersih udara yang menggunakan alat pembangkit tegangan tinggi.

Menyadari pentingnya sebuah kajian komprehensif terkait pembangkit listrik tegangan tinggi, Pada penelitian ini, diperlukan sebuah rancangan dan pembuatan tegangan tinggi menggunakan flyback transformer [2] dan juga elektroda bola berjarak (sphere Gap) [3] untuk menghasilkan tegangan tinggi yang besar, dan rangkaian yang sederhana. Rangkaian pembangkit listrik tegangan tinggi ini bisa dirancang menggunakan 2 flyback transformer sebagai komponen utama nya yang dirangkai secara seri, mikrokontroler [4] ATMega 328 sebagai pemroses dan pengendali, Mosfet sebagai saklar (switching), LCD sebagai tampilan data hasil tegangan tinggi [5] dan beberapa komponen pendukung lainnya yang digunakan sebagai pelengkap dalam rangkaian. Hal ini juga didasari oleh tingkat urgensi yang sangat

tinggi, dikarenakan banyaknya pengaplikasian yang bisa dilakukan dari pembangkit listrik tegangan tinggi dan pemanfaatan rangkaian nya yang lebih sederhana, efisien dan murah.

Pada penelitian sebelumnya, untuk menghasilkan tegangan tinggi bisa menggunakan metode Step Up Transformer dan Pengali Tegangan berbasis Mikorokontroler. 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). Dan juga hanya mampu menghasilkan Tegangan sebesar 0-5 kv. Pada penelitian lain, untuk membangkitkan tegangan tinggi sebesar 20-80 kv setinggi itu, bila menggunakan transformator konvesional akan memakan tempat dan bobot yang besar, sementara alat-alat yang portabel tentu tidak bisa demikian[6]. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, Maka penelitian ini bertujuan untuk membangun sumber tegangan tinggi DC dengan menggunakan metode Flyback Transformer. Dalam perkembangannya, penggunaan metode Flyback Transformer telah banyak dikembangkan terkait pembangkit tegangan yang cukup besar, dikarenakan metode ini mampu memberikan tegangan yang besar, rangkaian yang sederhana, dan juga bisa dirancang dalam bentuk portable.

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terkait perancangan pembangkit tegangan tinggi impuls pada konverter flyback[7]. Tegangan yang dihasilkan hanya sebesar 11,20 kv. Pada penelitian ini, akan menggunakan metode Flyback Transformer (FBT) yang dirangkai secara seri dengan tujuan untuk menghasilkan tegangan yang cukup tinggi, berkisar 30-35 kv. Selain itu, pada elektroda nya, akan dibuat menggunakan pengaturan bola berjarak (Sphere Gap) yang akan digunakan untuk mengatur jarak bola dalam menghasilkan spark, pengujian medan elektrik dan juga untuk kepentingan aplikasi dari pembangkit tegangan tinggi.

Pada tahun 2016, telah dilakukan penelitian untuk menghasilkan tegangan tinggi arus searah menggunakan metode Step Up Transformer dan Pengali Tegangan berbasis Mikorokontroler [8]. Tegangan yang dihasilkan dari penelitian tersebut adalah 0-5 kv. Akan tetapi, 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 makan akan terjadi peluruhan tegangan. Salah satu metode pembangkitan tegangan yang berpotensi menghasilkan tegangan yang cukup tinggi adalah dengan menggunakan Flyback Transformer [9].

Pada penelitian lain, telah dirancang dan dibuat alat pembangkitan tegangan tinggi dengan rangkaian sederhana yaitu rangkaian flyback untuk. Dengan rangkaian yang sederhana, tegangan tinggi dapat dihasilkan dalam orde kilovolt. Hasil rancangan rangkaian pada simulasi diuji dan dibandingkan dengan hasil pengujian alat pembangkitan yang dibuat. Pembangkitan tegangan tinggi tersebut digunakan untuk aplikasi PEO. Pengujian hasil rancangan rangkaian dilakukan untuk melihat kelayakan metode flyback pada pembangkitan tegangan tinggi untuk aplikasi PEO.

Penting untuk diketahui, PEO merupakan metode terbaru yang digunakan pada perlakuan permukaan (surface treatment). Suatu lapisan yang dihasilkan telah terbukti menghasilkan lapisan yang memiliki peningkatan sifat pada substrat logam seperti untuk proteksi ganda pada korosi dan aplikasi penghalang termal [10]. Penerapan proses PEO pada logam campuran magnesium juga dikembangkan pada aplikasi otomotif dan antariksa [11].

Proses PEO merupakan kombinasi dari sebuah proses oksidasi elektrokimia dan penerapan percikan (spark) tegangan tinggi. Proses ini diketahui melibatkan sejumlah percikan elektrik singkat atau yang dapat disebut dengan discharge elektrik. Proses discharge sangat berperan penting pada mekanisme pertumbuhan lapisan. Proses ini telah dikembangkan untuk menghasilkan deposit lapisan keramik pada logam seperti Al, Mg, Ti dan campurannya.

Pada Penelitian lain di tahun 2018, juga telah dirancang penerapan Zero Current Switching (ZCS). Pada Konverter Flyback untuk membangkitkan tegangan tinggi sebagai ozonisasi. Pada Penelitian ini dilakukan dua pengujian, yaitu pengujian tanpa beban variasi duty cycle dan pengujian jarak sela pada reaktor ozon. Pengujian dengan variasi duty cycle, nilai tegangan keluaran yang dihasilkan sebesar 11,01 kv pada duty cycle 70%. Pada pengujian jarak sela elektroda, konsentrasi yang tertinggi dihasilkan yaitu dengan tegangan terapan 7,47 kv dan variasi jarak 5 mm yang menghasilkan 0,066 ppm.

Penerapan Zero Current Switching (ZCS) pada konverter flyback untuk pembangkitan reaktor ozon sebagai ozonisasi. Zero Current Switching (ZCS) merupakan salah satu teknik soft-switching di mana MOSFET akan turn off atau turn on ketika arusnya bernilai nol. Teknik switching ini menggunakan kapasitor resonan (Cr) yang dipasang paralel dengan MOSFET dan induktor resonan (Lr) yang dipasang seri dengan kombinasi paralel dari MOSFET dan kapasitor resonan. Tegangan keluaran hasil pembangkitan ZCS konverter flyback diterapkan pada reaktor untuk dihasilkan gas ozon atau sebagai ozonisasi. Reaktor ozon berupa elektroda jarum dan elektroda bidang dengan jarak sela antarelektroda bervariasi dari 1 – 9 milimeter dengan variasi per jarak 2 milimeter.

Penelitian mengenai aplikasi tegangan tinggi untuk pembangkitan ozon juga sudah banyak dilakukan diantaranya penjernihan air dan pengolahan air limbah. Metode pensaklaran dengan zero current switching [12] pernah dilakukan pada penelitian yang diterapkan pada konverter tipe buck.

Dengan mempertimbangkan hal tersebut, Maka penelitian ini bertujuan untuk membangun sumber tegangan tinggi DC dengan menggunakan metode Flyback Transformer. Dalam perkembangannya, terkait pembangkit tegangan yang cukup besar, dikarenakan metode ini mampu memberikan tegangan yang besar, rangkaian yang sederhana, dan juga bisa dirancang dalam bentuk portable, maka penulis hendak melakukan penelitian ini.

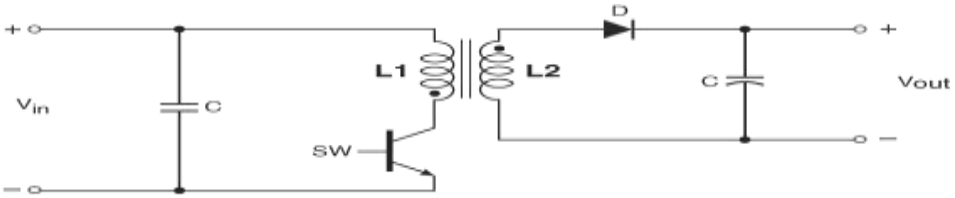
2. METODE PENELITIAN

Metode flyback merupakan salah satu metode pembangkitan tegangan tinggi dengan rangkaian yang sederhana. Metode ini memanfaatkan energi balik untuk pembangkitan tegangan tinggi. Selain memiliki desain rangkaian yang sederhana, metode operasi ini memberikan satu keuntungan yang istimewa/khas. Flyback memiliki proteksi hubung-singkat keluaran yang sudah ada di dalam rangkaian itu sendiri. Keuntungan alamiah yang dimiliki berasal dari kenyataan yang dimiliki rangkaian, yaitu proses transfer energi terjadi ketika saklar utama dalam keadaan tidak terhubung (off) [13]. Hal ini terjadi khusus untuk topologi ini saja. Topologi flyback biasanya digunakan pada sistem pengapian motor bakar, CVT pada televisi, dan peralatan komunikasi.

Transformator ini pada dasarnya didasarkan pada dua prinsip yang harus diketahui:

1. Bahwa arus listrik dapat menghasilkan medan magnet
2. Bahwa medan magnet yang berubah dalam kumparan kawat menginduksi tegangan pada ujung-ujung kumparan (induksi elektromagnetik). Mengubah arus dalam kumparan primer perubahan fluks magnetik yang dikembangkan. Perubahan fluks magnet menginduksi tegangan pada kumparan sekunder. Kumparan primer dan sekunder yang dibungkus di sekitar inti yang sangat tinggi permeabilitas magnetiknya sehingga sebagian besar fluks magnet melewati baik kumparan primer dan sekunder. Jika beban terhubung ke gulungan sekunder, arus beban dan tegangan akan berada di arah yang ditunjukkan, mengingat arus primer dan tegangan dalam arah yang ditunjukkan gambar.

Trafo flyback BSC25-T1010A adalah sebuah merk flyback tv yang dikhususkan untuk tv china. Flyback tv ini biasa dipakai untuk tv china berukuran 14 inch hingga 21 inch. Flyback ini bisa menghasilkan keluaran tegangan antara 20-30 kv. Trafo ini memiliki lilitan primer dan sekunder yang terdapat didalam trafo tersebut. Pada rangkaian tegangan tinggi, biasanya diluar trafo diberikan lilitan tambahan dengan menggunakan bahan seperti tembaga, aluminium dan sebagainya. Jumlah lilitan atau kumparan yang diikatkan diluar lilitan primer dan sekunder berfungsi untuk menginduksi kinerja lilitan sekunder yang terdapat pada bagian dalam trafo. Untuk tegangan masukan, biasanya diberikan tegangan rendah DC berkisar dari 12-18 volt. Switch (SW) yang paling umum digunakan dalam flyback adalah MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor), tetapi kadang-kadang transistor bipolar dan kadang-kadang GaN (gallium nitride) atau SiC (silicon carbide) digunakan. Pengontrol flyback membuka dan menutup sakelar dengan siklus tugas yang sesuai untuk mencapai tegangan keluaran yang diperlukan. Berikut skema flyback nya :



Gambar 1. Flyback Konverter

Bagian alir penelitian, dapat dilihat dari Gambar dibawah ini :



Gambar 2. Diagram alir (Flowchart)

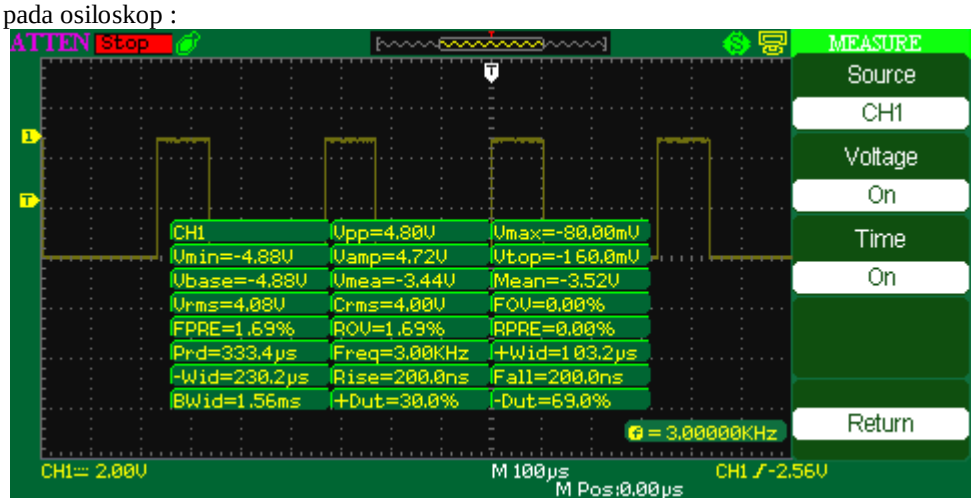
Dengan menggunakan metode flyback dapat diketahui bahwasanya metode flyback yang digunakan memiliki banyak kelebihan, diantaranya adalah keluaran tegangan output yang dihasilkan menjadi lebih besar dikarenakan flyback yang digunakan dirangkai secara seri. Pada rangkaian juga terdapat LCD yang mempermudah kita menampilkan frekuensi dan duty cycle. Frekuensi dan duty cycle ditampilkan, dikeluarkan oleh ATMega 328 melalui pin 9. PWM dan frekuensi yang dikeluarkan pada ATMega 328 juga dapat ditampilkan pada osiloskop untuk melihat bentuk pulsa nya. Kelebihan lain dalam rangkaian adalah adanya optocoupler yang khusus dirancang untuk high speed transistor, bisa melewatkan frekuensi tinggi dan menjaga agar Mosfet tidak rusak. Untuk rangkaian pengendali, Mosfet sangat cocok digunakan, walaupun sama fungsinya dengan transistor, tapi kelebihan nya ada pada letak kecepatan pensaklaran yang tinggi. Flyback sebagai peningkat tegangan juga dapat dilihat bentuk pulsa listrik tegangan tinggi nya pada osiloskop, untuk mengetahui nilai t on dan t off pada saat menghasilkan tegangan tinggi. Elektroda yang digunakan adalah sphere gap dengan 2 bola besi untuk mendapat medan elektrik yang maksimal. Selanjutnya Pengujian medan elektrik menggunakan medium udara.

Untuk menghasilkan tegangan tinggi dalam bentuk DC, diperlukan komponen tambahan yaitu dioda dan kapasitor. Dua jenis komponen ini harus dalam bentuk dioda dan kapasitor high voltage, untuk mencegah terjadinya kerusakan apabila menggunakan dioda dan kapasitor yang biasa. Karena output flyback yang dihasilkan sudah dalam mode tegangan tinggi. Selanjutnya akan dilakukan pengukuran tegangan tinggi dari flyback transformer untuk mengetahui berapa kilovolt yang mampu dihasilkan dari rangkaian sistem, dengan menggunakan probe HV Lutron 40 KV. Kemudian tahap selanjutnya yaitu pengujian tegangan tinggi melalui medium udara. Perlu diketahui, dalam menganalisis data, akan dibuat sebuah grafik antara keluaran tegangan tinggi dengan duty cycle, sehingga diperoleh hubungan antara keduanya.

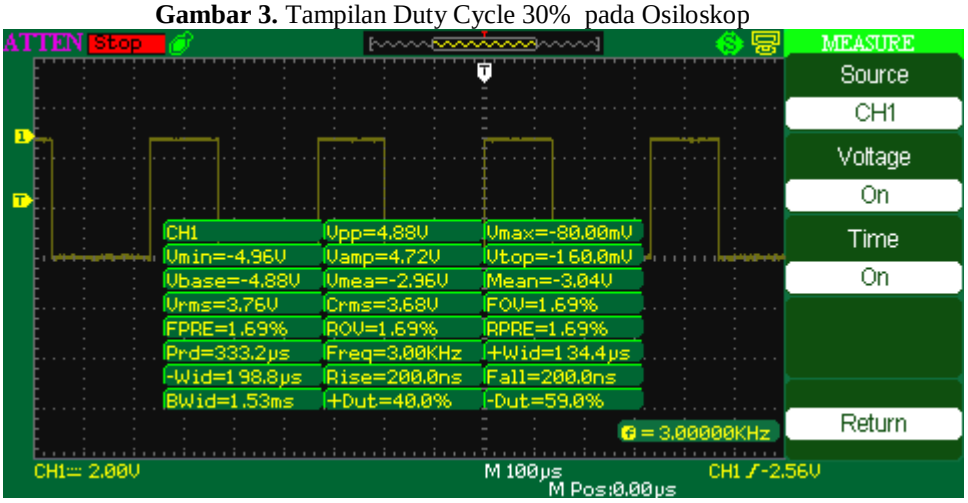
3. HASIL dan PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Duty Cycle Dan Frekuensi

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan Osiloskop ATTEN ADS1042CML 40MHz. Pengujian dilakukan untuk mengetahui bentuk gelombang dari bentuk pulsa dari Duty Cycle. Pada tampilan display Osiloskop, juga akan ditampilkan nilai frekuensi dan juga Duty Cycle maksimum dan juga minimum. Pengujian Duty Cycle dilakukan dengan menghubungkan probe osiloskop ke kaki pin 9 dari Mikrokontroller ATMega 328 dan juga Ground (GND). Berikut tampilan pada osiloskop :



Gambar 3. Tampilan Duty Cycle 30% pada Osiloskop

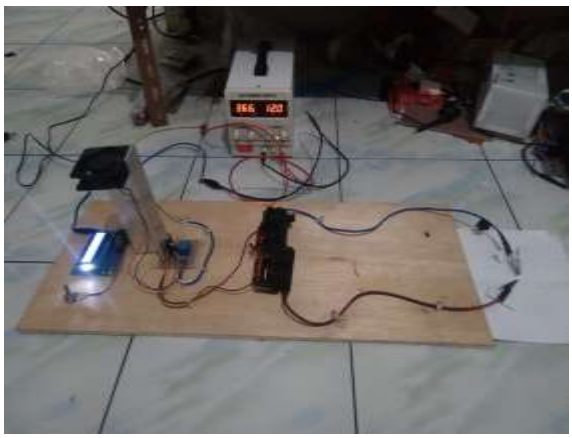


Gambar 4. Tampilan Duty Cycle 40% pada Osiloskop

Gambar di atas menjelaskan bahwa terdapat perbedaan apabila nilai duty cycle nya berbeda. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada t on dan t off. Pada osiloskop, t on yang dimaksud adalah +wid dan t off adalah –wid. Untuk duty Cycle 30%, +wid bernilai 103,2µs dan –wid bernilai 230,2µs. Untuk duty cycle 40%, +wid bernilai 134,4µs dan –wid bernilai 198,8µs. Untuk nilai periode (prd) dan nilai frekuensi pada duty cycle 30% dan 40% tetap. Artinya duty cycle yang diatur tidak akan berpengaruh pada frekuensi.

3.2 Pengujian Rangkaian Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem keseluruhan berdasarkan rangkaian yang sudah dibahas satu persatu pada pengujian sebelumnya. Prinsip kerja dari sistem ini adalah menaikkan tegangan rendah yang berasal dari PSA (Power Supply Adaptor) sampai menjadi tegangan tinggi. Dimulai dengan pengaturan tegangan DC dari PSA, yang akan diteruskan ke Driver, yaitu Mosfet. Frekuensi yang sudah diatur atau diprogram di Mikrokontroler ATMega 328 akan diteruskan ke Optocoupler dan akan masuk ke Driver Mosfet yang selanjutnya akan menghasilkan Frekuensi yang diinginkan. Untuk Duty Cycle akan diatur oleh alat inputan analog yaitu Potensiometer yang sudah terhubung ke Mikrokontroler ATMega 328. Frekuensi masukan yang sudah didapat driver Mosfet dari komponen optocoupler akan diteruskan dari kaki Drain Mosfet ke Flyback Transformer sebagai alat utama untuk menaikkan tegangan menjadi tegangan tinggi. Flyback Transformer juga harus diberi lilitan luar untuk memicu tejadinya induksi didalam lilitan dalam flyback transformer. Untuk menghasilkan tegangan tinggi dalam bentuk DC, diperlukan komponen tambahan yaitu dioda dan kapasitor. Dua jenis komponen ini harus dalam bentuk dioda dan kapasitor high voltage, untuk mencegah terjadinya kerusakan apabila menggunakan dioda dan kapasitor yang biasa. Karena output flyback yang dihasilkan sudah dalam mode tegangan tinggi. Selanjutnya akan dilakukan pengukuran tegangan tinggi dari flyback transformer untuk mengetahui berapa kilovolt yang mampu dihasilkan dari rangkaian sistem, dengan menggunakan probe HV Lutron 40 KV.



Gambar 5. Rangkaian Keseluruhan

Gambar di atas menjelaskan bahwa rancangan untuk menghasilkan listrik tegangan tinggi berhasil dilakukan. Pada gambar dapat dilihat beberapa komponen seperti FBT, LCD, PSA, Potensio, mikrokontroller, mosfet dan lain sebagainya.



Gambar 6. Plasma akibat medan elektrik

Gambar di atas menjelaskan bahwa tegangan tinggi yang dihasilkan dari rangkaian, akan memunculkan plasma seperti pada gambar. Plasma tersebut nantinya bisa diaplikasikan seperti untuk pengujian udara dan juga penurunan mikroba pada susu.

3.3 Pengukuran tegangan Flyback dengan Probe High Voltage Lutron 40 kv

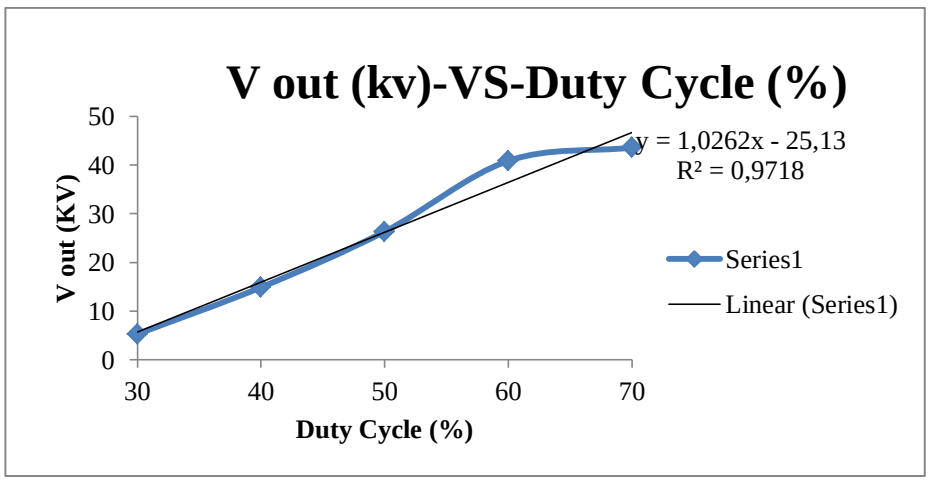
Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui nilai output tegangan tinggi dari flyback yang digunakan, yaitu Flyback BSC25-T1010A. Pada saat pengukuran, flyback yang digunakan cukup 1 buah flyback saja. Kutub positif dan negatif yang ada pada probe, disambungkan ke elektroda flyback, kemudian positif dan negatif probe yang satunya lagi, disambungkan ke multimeter. Pengukuran dilakukan dengan cara mengubah dutycycle dan mengukur tegangan yang dihasilkan menggunakan Multimeter. Probe merk Lutron HV 40 kv yang digunakan mempuyai ratio 1 : 1000, artinya setiap nilai yang ada pada multimeter, akan dikalikan dengan 1000. Jadi nilai pembacaan pada multimeter, masih dalam satuan tegangan Volt. Setelah didapat hasil pembacaan melalui multimeter, berikut tabel dan gambar hasil pengukuran menggunakan probe HV Lutron 40 kv.

Tabel 1. Pengukuran Tegangan Dengan Menggunakan Probe HV Lutron 40 kv

No	V in (V)	Duty cycle (%)	Frekuensi (Hz)	V out 1 flyback (kv)	Rangkaian Seri Flyback V out (kv)
1.	12	30	3000	2,63	5,26
2.	12	40	3000	7,44	14,88
3.	12	50	3000	13,16	26,32
4.	12	60	3000	20,43	40,86
5.	12	70	3000	21,79	43,58

Tabel di atas menjelaskan bahwa pengukuran tegangan menggunakan probe akan menghasilkan data 2,63kv untuk duty cycle 30% dan 21,79kv untuk duty cycle 70%, maka karena pada rancangan menggunakan rangkaian seri, nilai yang didapat dari yang minimum hingga maksimum yaitu 5,26kv hingga 43,58kv.

Maka dari itu, bisa dilihat grafik antara Vout (kv) dan Duty Cycle yaitu :



Gambar 7. Grafik Vout (kv)-VS-Duty Cycle (%)

Data pada grafik menunjukkan nilai slope yaitu y = 1,026x-25,13 dan nilai koefisien korelasi R2 = 0,971. Nilai koefisien korelasi yang didapat menunjukkan bahwa grafik memiliki nilai keofisen korelasi R2 yang baik antara V out dan Duty Cycle. Karena nilai R2 yang paling baik adalah 1.

Akan tetapi untuk data yang terakhir, kenaikan datanya tidak signifikan, dikarenakan penggunaan duty cycle yang hampir mencapai duty cycle dalam keadaan maksimum. Maka dari itu, dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai tegangan yang dihasilkan bergantung pada duty cycle. Semakin tinggi nilai duty cycle, semakin tinggi pula nilai v out yang dihasilkan. Dengan kata lain, nilai Vout berbanding lurus dengan Duty Cycle.

4. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan sistem hingga pengujian dan pembahasan sistem maka penulis dapat menarik kesimpulan, antara lain:

1. Telah berhasil dirancang sebuah alat pembangkit listrik tegangan tinggi dengan menggunakan FBT. Rangkaian ini terdiri dari 2 flyback trafo sebagai yang dirangkai seri.Metode ini menggunakan tegangan rendah yang berasal dari PSA yang sudah menghasilkan tegangan DC, kemudian akan diteruskan ke driver IGBT yang sudah diberikan frekuensi dari mikrokontroller ATMega 328. Mosfet berfungsi sebagai switching dengan frekuensi yang tinggi. Setelah itu, Mosfet yang sudah memiliki frekuensi tinggi akan diteruskan ke flyback trafo untuk menghasilkan tegangan tinggi, sesuai dengan duty cycle yang diatur oleh potensiometer. Frekuensi dan Duty Cycle akan ditampilkan pada LCD.

Pengukuran tegangan tinggi dari Mosfet menggunakan probe HV Lutron 40 Kv. Hasil tegangan tinggi maksimum yang didapat yaitu 43,58KV dengan duty cycle 70%.

2. Berdasarkan pembuatan pembangkit pulsa tegangan tinggi, diketahui bahwa prinsip kerja pembangkit pulsa tegangan tinggi adalah berbanding sama dengan pulsa yang diberikan, serta dipengaruhi juga oleh Frekuensi dan Duty Cycle terhadap tegangan yang dihasilkan. Semakin besar nilai Duty Cycle yang diberikan, makin besar pula tegangan tinggi yang dihasilkan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang sudah terlibat dalam penelitian ini yaitu Universitas Samudra dan juga Universitas Sumatera Utara.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] N. Barsoum.,G. I. Stanley. 2015. “Design of High Voltage Low Power Supply Device”. Universal Journal of Electrical & Electronic Engineering, vol. 3, no. 1. Pages: 6–12,

[2] Johanes Nugroho Adhi Prakosa, Mochamad Facta, Munawar Agus Riyadi. 2015. Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls Berbasis Konverter Flyback. Universitas Diponegoro Semarang

[3] Sonong., Yunus,M.Y. 2023. Pengaturan Jarak Bola (Sphere Gap) Pembangkitan Tegangan Tinggi Impuls Secara Semi Otomatis. Journal Of Electrical Engineering And Technology, vol. 4, no 1. Halaman:1-3

[4] Fahril, M. A. 2022. Pembuatan Alat Pendeteksi Tingkat Kekeruhan Air Menggunakan Fotodioda Berbasis Mikrokontroller Atmega 8535 Sebagai Sensor Turbidity. Jurnal Hadron, vol 4 No 1, Halaman : 20-21

[5] Fahril, M. A. 2022. Pengujian Alat Pendeteksi Tingkat Kekeruhan Air Berbasis Mikrokontroller Atmega 8535 Sebagai Sensor Turbidity. Jurnal Hadron, vol 4 No 1, Halaman : 14-15

[6] Yunus,Y. Trisanto,N. Ekasakti A. 2016. Analisis Transformator Flyback Sebagai Pembangkit Tegangan Tinggi Untuk Pesawat Sinar-X Medik. Prosiding SNATIF Ke-3 Tahun 2016. Halaman: 367

[7] A.Warsito. 2011. "Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls Untuk Aplikasi Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Ringan Dengan Teknologi Plasma Lucutan Korona," University Diponegoro

[8] Andrean Dias Prayogo. 2011. Perancangan Sumber Tegangan Tinggi Terkontrol Berbasis Mikrikontroler Pada High Voltage Power Supply (HVPS). Universitas Telkom

[9] Kumala Mahda Habsari, Wijono, D.J. Djoko H.S. 2017. Metode Flyback pada Pembangkitan Tegangan Tinggi untuk Aplikasi Plasma Electrolytic Oxidation. Universitas Brawijaya

[10] M. Aliofkhazraei and A. S. Rouhaghdam, Fabrication of nanostructures by plasma electrolysis, Weinheim, Germany: Wiley VCH Verlag&Co., 2010.

[11] L. Pezzato, K. Brunelli, S. Gross, M. Magrini, and M. Dabal, “Effect of process parameters of plasma electrolytic oxidation on microstructure and corrosion properties of magnesium alloys,” J. Appl. Electrochem., vol. 44, no. 7, pp. 867–879, 2014.

[12] Fikri, A.A.R. 2018. Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls Sebagai Ozonisasi Dengan Metode Konverter Flyback. Transient, Vol. 7, No. 3, ISSN: 2302-9927, 790

[13] K. C. Wu, Pulse Width Modulated DC/DC Converters, Dordrecht : Springer Science Business Media ®. Chapman & Hall in 1997, 1997.