

PERBANDINGAN TEGANGAN KELUARAN SERTA KONSUMSI DAYA PADA PEMBANGKITAN TEGANGAN TINGGI FREKUENSI TINGGI KUMPARAN TESLA

Daniswara Ardy Putra^{*)}, Mochammad Facta, and Agung Nugroho.

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

^{*)}E-mail : daniswara.ardy@gmail.com

Abstrak

Kumparan Tesla adalah peralatan listrik berupa transformator resonan dengan inti udara yang digunakan untuk menghasilkan tegangan tinggi dengan frekuensi tinggi. Kumparan tesla mempunyai banyak manfaat pada dewasa ini, yaitu untuk melihat ada tidaknya keretakan pada isolator serta untuk tujuan edukasi. Dalam tugas akhir ini dirancang suatu kumparan Tesla yang mendapat masukan dari inverter yang dapat membangkitkan pulsa dengan orde ratusan kilo hertz berbentuk gelombang kotak. Kumparan Tesla terdiri atas rangkaian induktor dan kapasitor. Rangkaian induktor terdiri lilitan primer dan sekunder. Dalam tugas akhir ini akan dianalisis dua macam variasi kumparan tesla dimana kumparan tesla pertama menggunakan lilitan primer dengan tipe flat-spiral dan kumparan tesla kedua menggunakan lilitan primer dengan tipe helical. Kapasitor adalah toroid yang terbuat dari selang dan dilapisi aluminium foil. Dengan perhitungan yang sesuai akan diperoleh frekuensi tepat sehingga menghasilkan tegangan keluaran besar. Tegangan keluaran serta konsumsi daya dari kedua trafo Tesla akan dianalisa. Karakteristik tegangan keluaran serta konsumsi daya tiap tesla berdasarkan variasi frekuensi dan tegangan masukan. Berdasarkan hasil perancangan. Kumparan Tesla variasi pertama mempunyai frekuensi resonan 138 kHz dengan tegangan kelauran 110 kV dan konsumsi daya 36 Watt. Kumparan Tesla variasi kedua mempunyai frekuensi resonan 138 kHz dengan tegangan kelauran 57 kV dan konsumsi daya 28 Watt.

Kata kunci : Kumparan tesla, konsumsi daya, kumparan tesla flat-spiral, kumparan tesla helical

Abstract

Tesla coil is a resonan air core transformer device, used to generated high voltage with high frequency. Tesla coil have many benefit such as, observing the presence of cracks on the insulator and educational purposes. This final project design a tesla coil that its input is obtained by inverter that can generate pulse with a hundred kilo hertz in the form of square wave pulse. Tesla coil consists of inductors and capacitor. The inductor circuit consisted by the primary and secondary windings. This final project will be analyze two kind of tesla coil. The first tesla coil used flat-spiral type in primary winding and the second tesla coil use helical type primary winding. Capacitors is toroidal form that made of hose and coated by aluminium foil. Frequency operation to produce a higer output voltage of tesla transformer was obtained by calculation. Output voltage and power consumption for each variation of frequency and voltage variable was analyzed. Based on the design, the first tesla coil had 138 kHz resonan frequency with 110kV output voltage and 36 watt power consumption. The second tesla coil had 138 kHz resonan frequency with 57kV output voltage and 28 Watt power consumption

Keywords: tesla coil, power consumption, flat-spiral type, helical type

1. Pendahuluan

Seiring perkembangan transmisi tegangan tinggi maka dibutuhkan suatu sistem pembangkitan tegangan tinggi. Tegangan tinggi dapat dibedakan berdasarkan bentuk gelombangnya, yaitu tegangan tinggi bolak-balik, tegangan tinggi searah, dan tegangan tinggi impuls [1]. Tegangan tinggi tersebut dapat dibangkitkan dengan

menggunakan alat pembangkit tegangan tinggi. Pembangkitan tegangan tinggi dengan resonansi telah dikembangkan dengan menggunakan kumparan tesla.

Transformator tesla adalah salah satu media pembangkit tegangan tinggi bolak-balik dengan frekuensi tinggi dengan system hampir sama dengan transformator pada umumnya tetapi dengan mode operasi yang berbeda [10].

Transformer standart menggunakan kopling yang erat antara lilitan primer dan lilitan sekunder serta rasio tegangan transformatornya hanya bergantung pada rasio lilitan. Sedangkan pada kumparan tesla menggunakan kopling yang lebih longgar antara lilitan primer dan sekundernya serta peningkatan tegangan dengan resonansi daripada rasio lilitan. Transformator standart menggunakan inti besi untuk beroperasi pada frekuensi rendah sedangkan kumparan tesla menggunakan inti udara untuk beroperasi pada frekuensi tinggi [7]. Kumparan tesla memiliki enam komponen utama.

Pertama adalah pembangkitan tegangan tinggi sebagai sumber pada kumparan tesla. Kedua adalah kapasitor tank tegangan tinggi. Ketiga adalah lilitan primer yang biasanya terdiri dari beberapa lilitan dari kawat email yang tebal. Keempat adalah lilitan sekunder yang terdiri dari banyak lilitan dengan kawat email yang relative kecil. Lilitan primer dan lilitan sekunder ini menjadi transformer dengan inti udara dimana tidak terdapat inti besi di dalamnya. Kelima adalah toroida. Toroid biasanya berbentuk donat aluminium dan ditempatkan di atas kumparan sekunder [11].

Pada penelitian sebelumnya hanya dibahas mengenai sistem kerja dan keluaran dari kumparan tesla [3]. Penelitian menggunakan metode konvensional dimana menggunakan lilitan primer tunggal seperti pada umumnya. Pada penelitian ini menggunakan dua macam modifikasi kumparan tesla untuk melihat tegangan keluaran dan konsumsi daya yang diperlukan pada tiap tesla.

Pada kumparan tesla variasi pertama konstruksi lilitan primer dimodifikasi dengan bentuk flat-spiral dengan tujuan agar dapat diatur variasi induktansinya tetapi konstruksi ini memiliki kelemahan yaitu jika arus yang mengalir tidak cukup besar maka induksi ke lilitan sekunder tidak dapat maksimal. Pada kumparan tesla variasi kedua mempunyai konstruksi lilitan primer dengan bentuk helical. Tipe helical dapat menginduksi lilitan sekunder dengan lebih maksimal walaupun nilai induktansi nya tidak dapat diatur.

Tujuan yang hendak dicapai dalam Tugas Akhir ini antara lain:

1. Melakukan perancangan rangkaian pembangkitan tegangan tinggi menggunakan kumparan tesla dengan rentang frekuensi 75 kHz - 160 kHz.
2. Mengetahui sifat tegangan keluaran antara kumparan tesla variasi pertama dan kumparan tesla variasi kedua.
3. Mengetahui konsumsi daya yang diperlukan kumparan tesla variasi pertama dan variasi kedua.

2. Metode

2.1. Pembangkit Tegangan Tinggi

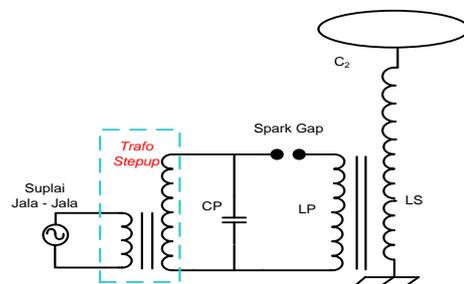
Secara garis besar pembangkit tegangan tinggi terdiri atas [1] :

1. Pembangkit tegangan tinggi bolak-balik (AC).
2. Pembangkit tegangan tinggi searah (DC).
3. Pembangkit tegangan tinggi impuls.

2.2. Kumparan Tesla

Salah satu cara untuk membangkitkan tegangan tinggi dengan peralatan yang cukup portabel, mudah dalam penggunaannya, dan biaya yang cukup murah adalah dengan menggunakan kumparan tesla. Kumparan tesla merupakan alat yang mampu menghasilkan tegangan tinggi bolak-balik mulai dari ribuan volt sampai jutaan volt dengan frekuensi berkisar antara puluhan kilo hertz sampai dengan orde MHz. Tegangan keluaran kumparan tesla berbentuk pulsa dengan lebar pulsa bervariasi dari nano detik sampai ratusan mikro detik.

Secara sederhana kumparan Tesla dapat dibuat dengan beberapa komponen dasar seperti terlihat pada Gambar 1. Terdiri atas trafo yang membangkitkan tegangan tinggi sekitar 5 – 30 kV. Trafo tegangan tinggi ini akan memuat kapasitor primer melalui kumparan primer. Induktor primer terdiri dari beberapa lilitan kawat tebal yang mempunyai hambatan rendah



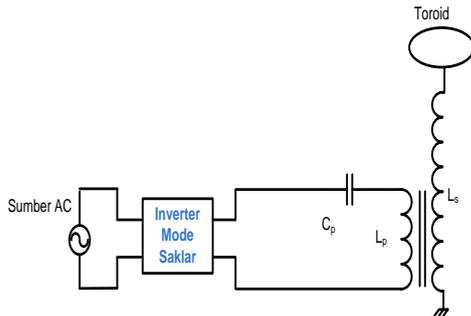
Gambar 1. Skema dasar kumparan tesla

Ketika kapasitor primer telah termuati maka beda potensial diantara elektroda-elektroda celah udara (spark gap) cukup tinggi sehingga terjadilah aliran arus dan mengakibatkan terjadinya breakdown udara. Saat spark gap terhubung, kapasitor primer dan induktor primer akan membentuk rangkaian resonansi dengan frekuensi resonansi yang besarnya ditentukan oleh nilai kapasitor dan lilitan primer [3].

Medan elektromagnet yang dihasilkan lilitan primer sebagian akan diinduksikan ke kumparan sekunder. Ujung atas dari lilitan sekunder akan dihubungkan dengan toroida yang mempunyai kapasitansi tertentu sedangkan ujung bawah akan terhubung dengan tanah. Lilitan sekunder dan toroida akan membentuk rangkaian resonansi. Jika frekuensi resonansi lilitan sekunder dan

toroida cukup dekat dengan frekuensi rangkaian primer maka pada toroida akan terbangkitkan tegangan ekstra tinggi. Tegangan ekstra tinggi yang terbangkitkan cukup untuk membuat terjadinya breakdown udara dan hal ini ditandai dengan adanya flashover yang keluar dari permukaan toroida ke udara sekitarnya. Dan ketika terjadi discharge pada kapasitor sekunder, spark gap akan terbukadkan proses yang sama akan terulang lagi^[4].

2.3. Kumparan Tesla dengan pensakaran menggunakan Inverter

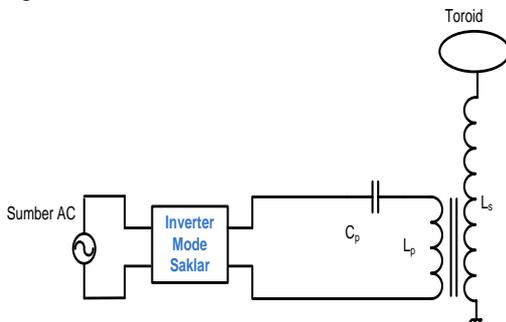


Gambar 2. Kumparan Tesla dengan Inverter

Jika dibandingkan dengan kumparan tesla yang menggunakan spark gap seperti pada Gambar 2, maka pada kumparan tesla yang mengaplikasikan piranti pensaklaran, fungsi spark gap digantikan oleh inverter mode saklar dan suplai yang digunakan untuk inverter mode saklar adalah suplai jala-jala, sehingga trafo penaik tegangan (step up) pada kumparan tesla jenis ini tidak diperlukan.

2.4. Perancangan Kumparan Tesla

Kumparan tesla yang dibuat dalam tugas akhir ini mempunyai skema dasar hubung seri antara kapasitor primer dan induktor pada sisi primernya. Gambar rangkaian kumparan tesla dalam rangkaian resonansi seri seperti gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian resonansi seri

2.4.1. Kumparan Tesla Variasi 1

Pada kumparan tesla variasi pertama yaitu tipe *flat-spiral*. Lilitan primer dibuat dengan bentuk seperti obat nyamuk

dengan tujuan nilai induktansi dapat diubah ke induktansi yang diinginkan.

1. Lilitan Sekunder

Pada lilitan sekunder merupakan bentuk lilitan yang didesign dengan tinggi (H) 83 cm dan diameter lilitan yang digunakan sebesar 11 cm (d=11cm, R=5,5cm=0,055m). Jumlah lilitan pada induktor tersebut adalah 1650 lilitan (N=1650) dengan diameter kawat yang digunakan adalah sebesar 0.5 mm. Maka berdasarkan perancangan yang dilakukan sesuai dengan rumus yang sama dengan rumus yang diterapkan pada lilitan primer berinti tunggal, maka diperoleh nilai induktansi sebesar :

$$L_p = \frac{5.5^2 \cdot 1650^2}{2540 \cdot (9 \cdot 5.5 + 10 \cdot 83)}$$

$$= 36,43 \text{ mH}$$

2. Kapasitor Sekunder

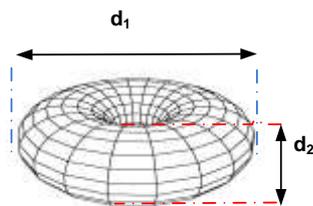
Toroid dalam tugas akhir ini berfungsi sebagai kapasitor pada sisi sekunder *tesla coil*. Hasil perancangan ditunjukkan pada Gambar 4. Toroid yang digunakan mempunyai diameter luar (d_1) sebesar 55 cm dengan diameter pada selubung (d_2) sebesar 11 cm dan mempunyai diameter dalam ($d_1 - d_2$) sebesar 44 cm. Sehingga sesuai dengan rumus :



Diperoleh nilai kapasitansi sebesar :

$$C_T = 2.8 \cdot \left(1.2781 - \frac{11}{55}\right) \cdot \sqrt{0.1217 \cdot 11 \cdot (55 - 11)}$$

$$= 23.16 \text{ pF}$$



Gambar 4. Gambar skema toroid

3. Lilitan Primer

Pada lilitan primer digunakan Induktor yang digunakan merupakan bentuk lilitan yang didesain dengan tipe *flat-spiral* dimana bentuk ini seperti obat nyamuk bakar. Lilitan primer dirancang dengan menggunakan tembaga berdiameter 5 mm sebanyak 6 lilitan dengan diameter induktor sebesar 17,27 cm (R = 17,27 cm=6,8 inch) dan lebar lilitan sebesar 7,5 cm (W = 7,5 cm=2,92 inch)

$$L_p = \frac{N^2 \times R^2}{8R - 11W}$$

$$L_p = \frac{5.5^2 \times 6,8^2}{8 \times 6,8 - 11 \times 2,92}$$

$$L_p = 0,016 \text{ mH}$$

4. Kapasitor Primer

Kapasitor primer disini berfungsi untuk melawan nilai induktansi agar terjadi resonansi pada saat reaktansi induktansi dan reaktansi kapasitansi saling meniadakan.

Kapasitor disini dirancang dengan menseri 4 buah kapasitor dan memparalelnya 10 kali kapasitor bernilai 20 nF, sehingga menghasilkan nilai kapasitansi sebesar 50 nF. Hasil perancangan ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Kapasitor primer

2.4.2. Kumbaran Tesla Variasi 2

Pada kumbaran tesla variasi kedua yaitu tipe *helical*. Lilitan primer dibuat dengan bentuk seperti lilitan sekunder dengan tujuan induktansinya cukup besar untuk menginduksi kumbaran sekunder.

1. Lilitan Sekunder

Pada lilitan sekunder merupakan bentuk lilitan yang didesign dengan tinggi (H) 102 cm dan diameter lilitan yang digunakan sebesar 11 cm (d=11cm, R=5,5cm=0,055m). Jumlah lilitan pada induktor tersebut adalah 2040 lilitan (N=2040) dengan diameter kawat yang digunakan adalah sebesar 0.5 mm. Maka berdasarkan perancangan yang dilakukan sesuai dengan rumus yang sama dengan rumus yang diterapkan pada lilitan primer berinti tunggal, maka diperoleh nilai induktansi sebesar :

$$L_p = \frac{5.5^2 \cdot 2040^2}{2540 \cdot (9 \cdot 5.5 + 10 \cdot 102)}$$

$$= 46,3 \text{ mH}$$

2. Kapasitor Sekunder

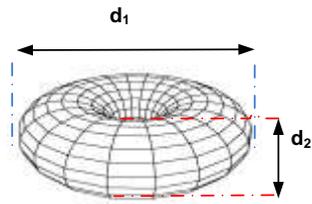
Toroid dalam tugas akhir ini berfungsi sebagai kapasitor pada sisi sekunder *tesla coil*. Hasil perancangan ditunjukkan pada Gambar 7. Toroid yang digunakan mempunyai diameter luar (d_1) sebesar 75 cm dengan diameter pada selubung (d_2) sebesar 11 cm dan mempunyai diameter dalam ($d_1 - d_2$) sebesar 64 cm. Sehingga sesuai dengan rumus :



Diperoleh nilai kapasitansi sebesar :

$$C_T = 2.8 \cdot \left(1.2781 - \frac{11}{75}\right) \cdot \sqrt{0.1217 \cdot 8.6 \cdot (75 - 11)}$$

$$= 29.3 \text{ pF}$$



Gambar 6. Gambar skema toroid

3. Lilitan Primer

Lilitan primer kumbaran tesla 2 dirancang dengan menggunakan dua buah tembaga berdiameter 2 mm dengan dililitkan pada kedua tembaga tersebut. Tinggi dari lilitan tersebut adalah 26 cm (H = 26 cm) dan lilitan tersebut berjumlah sebanyak 10 lilitan. Dengan jarak diameter pipa 15 cm (d = 15 cm, R = 7,5 cm).

Pada perancangan kumbaran tesla diukur pula induktansi dan resistansi dalam dari lilitan primer pada frekuensi 1kHz, 33 kHz, 66 kHz dan 100 kHz.



Gambar 7. Lilitan primer

4. Kapasitor Primer

Kapasitor primer disini berfungsi untuk melawan nilai induktansi agar terjadi resonansi pada saat reaktansi induktansi dan reaktansi kapasitansi saling meniadakan.

Kapasitor disini dirancang dengan memparalel 10 buah kapasitor bernilai 20 nF, sehingga menghasilkan nilai kapasitansi sebesar 200 nF. Hasil perancangan ditunjukkan pada Gambar 6.



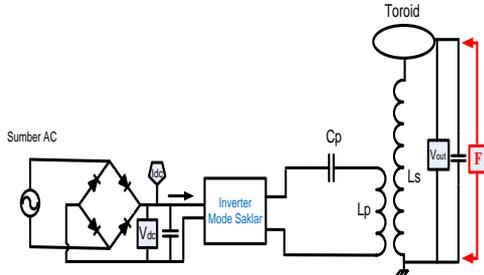
Gambar 8. Gambar kapasitor primer

3. Hasil dan Analisa

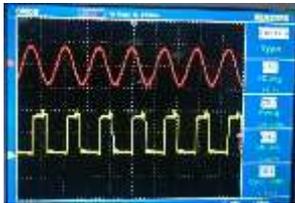
Dari gambar rangkaian seperti pada Gambar 9, maka diperoleh hasil pengujian kumbaran tesla dengan membandingkan tesla variasi pertama dan tesla variasi 2.

Pengujian ini diambil menggunakan probe dengan perbandingan 1:10000.

Contoh bentuk **Gambar 10** pada saat pengujian adalah



Gambar 9. Gambar rangkaian pengambilan data

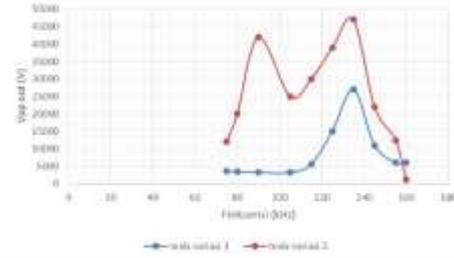


Gambar 10. Gambar keluaran tegangan (V_{out}) frekuensi 139 kHz

3.1. Pengujian Tegangan Keluaran

Tabel 1. Tabel hasil pengujian Variasi frekuensi

V_{in}	Frekuensi (kHz)	$V_{pp\ out\ (V)}$	
		Variasi 1	Variasi 2
15	75	3600	12000
	80	3400	20000
	90	3200	42000
	105	3200	25000
	115	5600	30000
	125	15000	39000
	135	27000	47000
	145	11000	22000
	155	6000	12400
	160	6000	1120
24	75	3800	24000
	80	3200	33000
	90	2500	82000
	105	4800	42000
	115	10000	58000
	125	18000	71000
	135	38000	102400
	145	16000	48000
	155	13000	32000
	160	11000	23000
32	75	4800	42000
	80	9200	67000
	90	10000	102000
	105	10400	65000
	115	11600	72000
	125	16000	90100
	135	57600	115200
	145	36000	60000
	155	18000	32000
	160	12000	24000

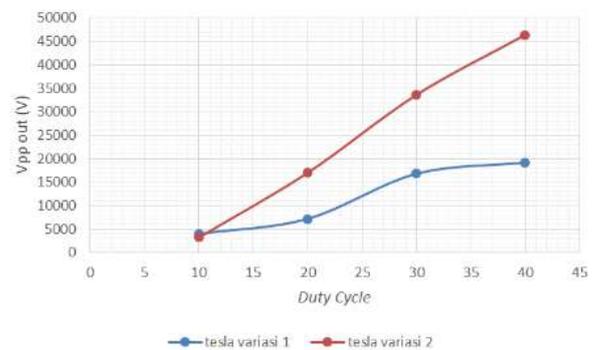


Gambar 11. Gambar grafik hubungan antara frekuensi dan tegangan keluaran tesla tegangan 15 V

Dengan Gambar 11 pada saat pengukuran seiring naiknya frekuensi mendekati nilai resonant, maka V_{out} juga akan naik. Sesuai dengan prinsip resonan bahwa tegangan keluaran mengalami kenaikan mendekati resonan dan terjadi penurunan tegangan sesudah melewati puncak resonan. Hal ini terjadi karena jika tegangan pada lilitan primer semakin tinggi, maka akan semakin tinggi pula tegangan keluarannya. Dapat dilihat pula bahwa tegangan keluaran tesla variasi kedua lebih besar dari variasi pertama

Tabel 2. Tabel hasil pengujian Variasi Duty

Frekuensi	V_{in} (V)	Duty Cycle	$V_{pp\ out\ (V)}$	
			Variasi 1	Variasi 2
138kHz	15	10	4000	3200
		20	7200	17000
		30	16800	33600
		40	27200	46400
		10	5600	3000
		20	14000	38000
		30	34400	48000
		40	38000	51200
		10	9600	42000
		20	34000	48000
30	56800	72000		
40	57600	76000		



Gambar 12. Gambar grafik hubungan antara duty cycle dan tegangan keluaran tesla tegangan 15 V

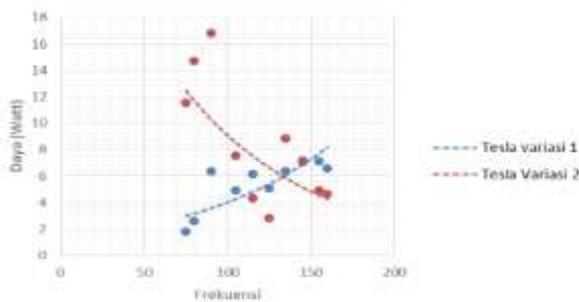
Dengan Gambar 12 pada saat pengukuran seiring naiknya duty cycle , maka V_{out} juga akan naik. Sesuai dengan prinsip resonan bahwa tegangan keluaran mengalami

kenaikan mendekati resonan dan terjadi penurunan tegangan sesudah melewati puncak resonan. Hal ini terjadi karena jika tegangan pada lilitan primer semakin tinggi, maka akan semakin tinggi pula tegangan keluarannya. Dapat dilihat pula bahwa tegangan keluaran tesla variasi kedua lebih besar dari variasi pertama.

3.2. Perhitungan Konsumsi Daya

Tabel 3. Tabel hasil pengujian Variasi frekuensi

Vin (V)	Frekuensi (kHz)	Daya (Watt)	
		Variasi 1	Variasi 2
15	75	1,794	11,5443
	80	2,592	14,7189
	90	6,3765	16,8168
	105	4,9242	7,56
	115	6,156	4,34775
	125	5,067	2,8188
	135	6,36195	8,874
	145	7,1832	7,05075
	155	7,119	4,9011
	160	6,6	4,6374
24	75	3,96	32,724
	80	5,34336	38,7504
	90	9,25056	51,9936
	105	11,76384	17,7007
	115	15,318	10,6666
	125	16,704	8,76384
	135	13,25928	27,5098
	145	18,9312	19,4938
	155	22,032	14,9974
	160	21,85152	2,52444
32	75	8,46976	56,6707
	80	10,35648	79,2806
	90	14,40768	85,0816
	105	20,20992	28,5824
	115	26,6336	15,4512
	125	32,9392	13,128
	135	28,0256	36,2976
	145	37,55008	31,745
	155	47,52384	21,9155
	160	39,17088	18,0346



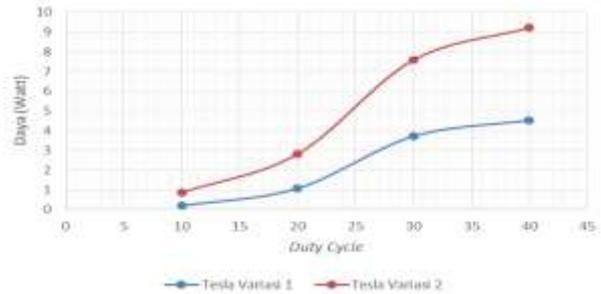
Gambar 13. Gambar grafik hubungan antara duty cycle dan tegangan keluaran tesla tegangan 15 V

Pada Gambar 15 terlihat jika kumparan tesla variasi 2 memerlukan konsumsi daya yang lebih tinggi dari kumparan tesla variasi 1 saat divariasikan frekuensi dan dapat dilihat konsumsi daya akan naik pada saat frekuensi resonan. Hal ini disebabkan karena pada saat frekuensi

resonan nilai impedansi akan mengecil, sehingga arus akan naik, sedangkan sesuai dengan rumus daya dimana $P = V \times I \times \cos \phi$ maka daya akan naik.

Tabel 4. Tabel hasil pengujian Variasi duty cycle

Frekuensi (kHz)	Vin(V)	Duty Cycle	Daya (Watt)	
			Variasi 1	Variasi 2
138	15	10	0,18	0,86
		20	1,07	2,81
		30	3,71	7,58
		40	4,53	9,22
		10	0,93	0,65
	24	20	4,62	13,33
		30	12,58	21,66
		40	12,20	21,69
		10	3,32	1,66
		32	20	14,75
30	25,99		38,72	
40	28,02		40,14	



Gambar 14. Gambar grafik hubungan antara duty cycle dan konsumsi daya tesla tegangan 15 V

Pada Gambar 14 terlihat jika kumparan tesla variasi 2 memerlukan konsumsi daya yang lebih tinggi dari kumparan tesla variasi 1 saat divariasikan duty cycle dan dapat dilihat konsumsi daya paling tinggi saat duty cycle 40%. Hal ini disebabkan karena pada saat duty cycle 40%, tegangan akan naik, sedangkan sesuai dengan rumus daya dimana $P = V \times I \times \cos \phi$ maka disaat tegangan naik, daya akan ikut naik.

4. Kesimpulan

1. Perancangan pembangkitan menggunakan trafo tesla telah dibuat dengan frekuensi resonansi dari kumparan tesla berada pada frekuensi 136 kHz untuk kumparan tesla variasi pertama dan 138 kHz untuk kumparan tesla variasi kedua. Frekuensi dapat berubah dikarenakan keadaan suhu dan udara dari lingkungan sekitar
2. Pada variasi frekuensi, tegangan keluaran kumparan tesla (Vout) pada variasi kedua lebih besar yaitu 110 kV pada frekuensi resonan 138 kHz dan tegangan keluaran kumparan tesla (Vout) variasi pertama sebesar 57 kV pada frekuensi resonan 136 kHz dengan kondisi VIN 32 VAC dan duty cycle 40%

3. Pada variasi duty cycle, tegangan keluaran kumparan tesla (Vout) pada variasi kedua lebih besar yaitu 76 kV pada frekuensi resonan 138 kHz dan tegangan keluaran kumparan tesla (Vout) variasi pertama sebesar 62 kV pada frekuensi resonan 136 kHz dengan kondisi VIN 32 VAC
4. Tegangan keluaran mengalami kenaikan saat mendekati resonan dan terjadi penurunan tegangan sesudah melewati puncak resonan dalam frekuensi 75 - 160 kHz.
5. Pada variasi frekuensi, konsumsi daya kumparan tesla (P) pada variasi kedua lebih besar yaitu 85 Watt pada frekuensi 90 kHz dan konsumsi daya kumparan tesla (VP) variasi pertama sebesar 47 Watt pada frekuensi 155 kHz dengan kondisi VIN 32 VAC dan duty cycle 40%.
6. Pada variasi duty cycle, konsumsi daya kumparan tesla (P) pada variasi kedua lebih besar yaitu 40 Watt pada frekuensi 138 kHz dan konsumsi daya kumparan tesla (VP) variasi pertama sebesar 28 Watt pada frekuensi 138 kHz dengan kondisi VIN 32 VAC.

Referensi

- [1]. Tobing, Bonggas L, *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2003.
- [2]. Habibi, Ahmad. “Pembangkitan Tegangan Tinggi Bolak-Balik Frekuensi Tinggi Menggunakan Kumparan Tesla”, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, 2007.
- [3]. Bagas Setiawan, Alga. “Perancangan Pembangkitan Tegangan Tinggi AC Frekuensi Tinggi Menggunakan Kumparan Tesla dengan Rangkaian Resonansi Seri”, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, 2013.
- [4]. Mujahid, Wildan. “Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi AC Frekuensi Tinggi dengan Kumparan Tesla menggunakan Inverter Jenis Push-Pull”, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, 2010.
- [5]. Abduh, Syamsir, “Teknik Tegangan Tinggi”, Salemba Teknika, Jakarta, 36-38.
- [6]. Denicolai, Marco. *Tesla Transformer for Experimentation and Research*. Thesis, Departement Electrical Engineering Helsinki University of Technology, 2001.
- [7]. McLyman, Colonel Wm. *Transformer and Inductor Design Handbook*, CRC Press, California, 2004.
- [8]. Edminister, Joseph A, Mahmood Navi. *Rangkaian Listrik Edisi Ke Empat*. Jakarta, Erlangga. 191-192, 7-8
- [9]. Abdel-Salam, Mazen, *High-Voltage Engineering: Theory and Practice, Second Edition, Revised and Expanded*, CRC Press, New York, N.Y. : Dekker, 2000.
- [10]. Ramli, Wan Mohd Farid B, *Design and Develop Miniature Tesla Coil*, Tugas Akhir, Electrical Engineering, University Teknikal Malaysia Melaka, 2010
- [11]. <http://tayloredge.com/reference/Machines/TeslaCoil.pdf/> ; diakses : 9 Juni 2015 pukul 10.03
- [12]. Mahendra, Aditya. “Analisis Lilitan Primer Inti Tunggal dan Inti Ganda pada Kumparan Tesla dalam Pembangkitan Tegangan Tinggi AC Frekuensi Tinggi Untuk Reaktor Ozon”, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, 2015.
- [13]. <http://teslacoils4christ.org/TCFormulas/TCFormulas.htm> diakses : 9 Juni 2015 pukul 11.00
- [14]. Gerekos, Christopher. “The Tesla Coil”, Université Libre de Bruxelles, 2012