

PERANCANGAN INVERTER HALF BRIDGE SEBAGAI CATU DAYA TEGANGAN TINGGI AC FREKUENSI TINGGI DENGAN BEBAN KUMPARAN TESLA DAN DIELECTRIC BARRIER DISCHARGE CHAMBER

Reza Heryanto S^{*)}, Mochammad Facta, and Munawar Agus R

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik – Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, S.H. Tembalang, Semarang 50275

^{*)}Email : reza.heryanto@ymail.com

Abstrak

Aplikasi kumparan tesla merupakan pembangkitan tegangan tinggi dengan frekuensi tinggi. Kumparan tesla secara konvensional menggunakan spark gap dalam pembangkitannya yang membutuhkan peralatan yang berdimensi besar. Dengan berkembangnya rangkaian semikonduktor maka rangkaian semikonduktor digunakan untuk pembangkitan kumparan tesla salah satunya menggunakan inverter. Kumparan tesla dengan menggunakan inverter sebagai catu daya sudah pernah dilakukan salah satunya menggunakan inverter jembatan penuh tetapi masih sedikit terdapat kekurangan yaitu penggunaan komponen semikonduktor yang terlalu banyak. Berdasarkan hal diatas penelitian ini dirancang suatu inverter untuk catu daya kumparan tesla menggunakan inverter half bridge. Inverter half bridge yang dirancang menggunakan MOSFET sebagai saklar elektronik dan IC TL494 sebagai osilator frekuensi pengontrol pemucuan MOSFET. Rancangan inverter yang dilakukan meliputi perancangan trafo pulsa sebagai isolator listrik antara rangkaian kontrol dan daya. Pengujian dilakukan dengan beban rangkaian resonansi kumparan Tesla yang dihubungkan pada beban ozon chamber yang membutuhkan frekuensi tinggi dan tegangan keluaran 2-3kv peak to peak. Pengujian ini untuk mengetahui pengaruh frekuensi terhadap tegangan disisi beban. Kumparan Tesla memiliki perbandingan 11 : 2020 lilitan. Pengujian dilakukan pada rentang frekuensi 60 kHz dan 70 kHz. Frekuensi 65 kHz merupakan frekuensi resonan yang menghasilkan tegangan yang tertinggi yaitu sebesar 2,6kV.

Kata Kunci: kumparan tesla, frekuensi tinggi, inverter, half bridge, ozon chamber.

Abstract

Tesla coil application is the generation of high voltage with high frequency. Tesla coil conventionally using a spark gap in a generation that require large equipment dimensions. With the development of the semiconductor circuit semiconductor circuit used for the generation of one tesla coil using an inverter. Tesla coil by using an inverter as the power supply has been made one of them using a full-bridge inverter but still a bit of a shortage of semiconductor components that use too much. Based on this research designed an inverter to the power supply using a tesla coil half-bridge inverter. Half bridge inverter designed using MOSFET as electronic switches and IC TL494 as the oscillator frequency MOSFET controller triggers. The design of the inverter was conducted on the design of the pulse transformer as an electrical insulator between the control circuit and power. Testing is done with a Tesla coil load resonant circuit connected to the load ozone chamber that require high frequency and output voltage 2-3kv peak to peak. This test is to determine the effect of frequency on the load side voltage. Tesla coil has a ratio of 11: 2020 windings. Tests carried out in the frequency range of 60 kHz and 70 kHz. Frequency of 65 kHz is a resonant frequency that produces the highest voltage that is equal to 2,6kV.

Keyword : tesla coil, high frekuensi, inverter, Half bridge, ozon chamber.

1. Pendahuluan

Rangkaian resonansi merupakan suatu rangkaian dimana suatu kondisi pada saat nilai reaktansi induktif dan kapasitif pada rangkaian akan saling meniadakan sehingga rangkaian bersifat resistif. Kegunaan dari

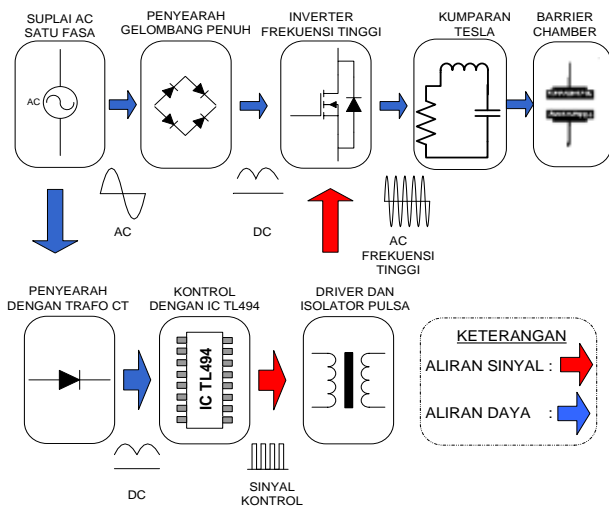
rangkaian resonansi adalah untuk menaikkan tegangan dengan frekuensi tinggi sesuai dengan yang diinginkan.^{[1][2]}

Kumparan Tesla merupakan salah satu aplikasi dari rangkaian resonansi karena memiliki parameter

induktansi, kapasitansi, dan resistansi. Kumparan Tesla sekarang ini banyak dikembangkan dengan rangkaian semikonduktor karena memiliki keunggulan yang lebih fleksibel dan berdimensi kecil. Kumparan tesla dengan semikonduktor terdiri dari beberapa blok unit kerja. Salah satu dari unit kerja dari kumparan Tesla adalah inverter.^[3] Fungsi inverter merupakan sebuah catu daya arus bolak – balik sebagai sumber awal energi listrik untuk diubah besaran listrik. Keunggulan lain kumparan Tesla menggunakan inverter sebagai catu daya arus bolak – balik adalah terkait kebutuhan kumparan Tesla terhadap frekuensi tinggi. Keberadaan inverter pada rangkaian pembangkit tegangan tinggi kumparan Tesla diharapkan mampu untuk mengatur dan mendesain frekuensi tinggi sesuai yang dikehendaki.^[3]

Kumparan tesla menghasilkan tegangan tinggi dengan frekuensi yang tinggi sesuai yang diinginkan dan hasil keluaran kumparan tesla dapat digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan tegangan tinggi dengan frekuensi yang cukup tinggi. Salah satu contohnya untuk pemicuan reaktor ozon yang membutuhkan tegangan tinggi dengan frekuensi tinggi

Pada penelitian ini akan membahas perancangan inverter *half bridge* untuk mencatu daya pada kumparan tesla. Selain itu dilakukan juga analisis pengaruh frekuensi kerja yang dihasilkan oleh inverter frekuensi tinggi *half bridge* terhadap tegangan tinggi yang dibangkitkan oleh kumparan Tesla untuk mencatu ozon chamber.



Gambar 1 Blok diagram perancangan inverter secara keseluruhan

Inverter merupakan komponen penting dalam rangkaian kumparan Tesla. Kumparan Teslaberfungsi untuk membangkitkan tegangan yang cukup tinggi dengan frekuensi yang tinggi. Pada awalnya kumparan Tesla membangkitkan frekuensi tinggi menggunakan *sparkgap*.^[1]

Kini kumparan Tesla telah berkembang sejak ditemukan komponen semikonduktor yang dapat berfungsi untuk pensaklaran. Komponen pensaklaran yang terjangkau dan memiliki kapasitas yang besar yaitu MOSFET sering diaplikasikan sebagai komponen pemicuan inverter. Kumparan Tesla dengan inverter sebagai pembangkit frekuensi tinggi memiliki dimensi yang lebih kecil dibanding kumparan Tesla menggunakan *sparkgap*^{[4][8]}.

Sumber tegangan AC disearahkan oleh penyearah menjadi tegangan DC. Kemudian tegangan DC dihubungkan ke inverter, yang diberi pemicuan untuk pensaklaran oleh rangkaian kontrol, dan dikonversi menjadi tegangan AC frekuensi tinggi. Tegangan AC frekuensi tinggi masuk ke kumparan Tesla yang membentuk rangkaian resonan sehingga tegangan tinggi frekuensi tinggi dapat dibangkitkan^[8].

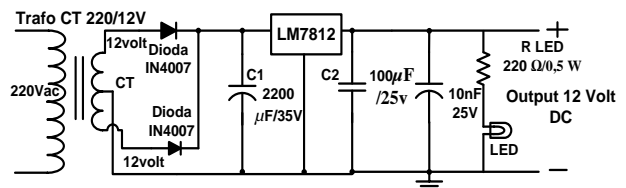
Inverter terdiri dua rangkaian utama, yaitu rangkaian kontrol dan rangkaian daya. Rangkaian kontrol terdiri dari sumber tegangan 12, rangkaian IC TL494, dan rangkaian isolator pulsa. Rangkaian daya terdiri dari penyearah jembatan penuh dan inverter *half bridge*. Hubungan antar rangkaian dalam inverter tertera pada Gambar 1.

2. Metode

2.1 Perancangan Rangkaian Kontrol

2.1.1 Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa dengan CT

Pada rangkaian ini terdapat penyearah satu fasa dengan CT, diode, resistor, regulator, dan kapasitor, LED^[6] seperti yang tertera pada Gambar 2.



Gambar 2 Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa CT

Rangkaian ini merupakan sumber tegangan DC 12 V. Tegangan 12 V_{DC} berfungsi sebagai suplai untuk kipas, isolator pulsadan IC TL 494 atau rangkaian kontrol. Kipas digunakan untuk mengurangi panas yang ada pada inverter. Tegangan DC didapatkan dari hasil penyearahan tegangan AC jala – jala yang sebelumnya diturunkan tegangannya menggunakan trafo *stepdown* dari 220Volt menjadi 12 volt.. Tegangan DC selanjutnya diteruskan ke IC regulator. IC regulator LM 7812 digunakan untuk keluaran 12 V_{DC}. LED pada penyearah digunakan untuk indikator rangkaian penyearah bekerja.

2.1.2 Rangkaian IC TL494

IC TL494 digunakan untuk menghasilkan sinyal gelombang kotak dengan *dutycycle* yang dapat divariasi.

Sinyal gelombang kotak ini berfungsi untuk memicu pensaklaran pada rangkaian Inverter *half bridge*.

Persamaan untuk mencari frekuensi kerja yang ada pada *datasheet* IC TL 494 dituliskan oleh Persamaan (1)

$$f = \frac{1,1}{R_t C_t} \quad (1)$$

Persamaan (1) dapat digunakan untuk menghitung nilai dari kapasitor dan resistor yang dibutuhkan. Kapasitor yang digunakan sebesar 1 nF, maka dengan menggunakan Persamaan (1) didapat nilai resistor sebagai berikut:

Pada frekuensi maksimal 550 kHz

$$R_T = \frac{1,1}{10^{-9} \cdot 550 \cdot 10^3} : 2 = 1000 \Omega$$

Pada frekuensi minimal 50 kHz

$$R_T = \frac{1,1}{10^{-9} \cdot 50 \cdot 10^3} : 2 = 11000 \Omega$$

Kemudian dengan menyesuaikan komponen yang tersedia dipasaran yaitu :

- CT : 1 nF
- RT : 1000 Ω
- V_R : 10 K Ω

Maka besarnya frekuensi yang dapat dihasilkan adalah :

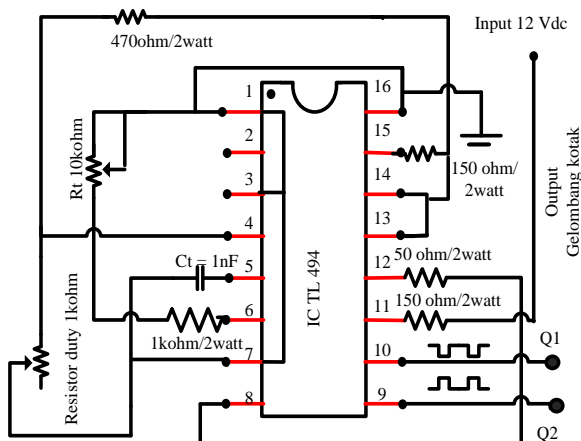
Pada nilai saat V_R = 0 Ω

$$f_{\max} = \frac{1,1}{1000 \cdot 10^{-9}} = 550 \text{ kHz}$$

Pada nilai V_R = 10 K Ω

$$f_{\min} = \frac{1,1}{11000 \cdot 10^{-9}} = 50 \text{ kHz}$$

Rangkaian osilator dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Rangkaian IC TL494

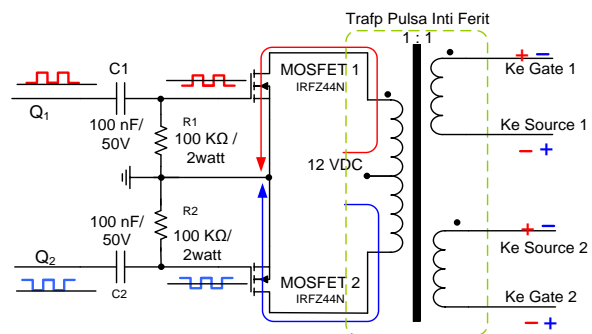
2.1.3 Rangkaian Isolator Pulsa

Rangkaian isolator terdiri dari kapasitor, resistor, MOSFET IRFZ44N, dan transformator pulsa. Gambar rangkaian dapat dilihat pada Gambar 4. Dua buah MOSFET IRFZ44N dipasang dengan skema *pushpull* pada sisi primer trafo pulsa. MOSFET IRFZ44N memiliki spesifikasi tegangan *breakdown* 60 V dan arus maksimal 50 A serta *threshold voltage* 4 V sehingga dapat digunakan untuk rangkaian isolator pulsa, yang dipicu oleh IC TL494 dengan keluaran sebesar 12 V.

Trafo pulsa dirancang dengan perbandingan lilitan 1 : 1 dengan suplai 12 V. Pada sisi sekunder tegangan keluaran sebesar 12 V sudah mampu untuk memicu pensaklaran pada inverter yang menggunakan MOSFET IRFP460 sebagai komponen saklar.

Rangkaian *driver* dan trafo isolator pulsa berfungsi untuk melindungi MOSFET pada rangkaian daya *inverter*. Rangkaian *driver* sendiri berfungsi untuk menguatkan pulsa keluaran dari IC TL 494.

Rangkaian *driver* yang digunakan terdiri dari sebuah kapasitor yang terhubung seri dengan keluaran rangkaian kontrol TL 494 dan terdapat sebuah resistor yang terpasang paralel antara *gate* dan *source* pada MOSFET gelombang kotak DC berubah menjadi gelombang kotak AC setelah melalui rangkaian *driver*. Hal ini disebabkan proses *switching* pada MOSFET IRFZ44N. Gambar 4 merupakan Rangkaian Isolator pulsa

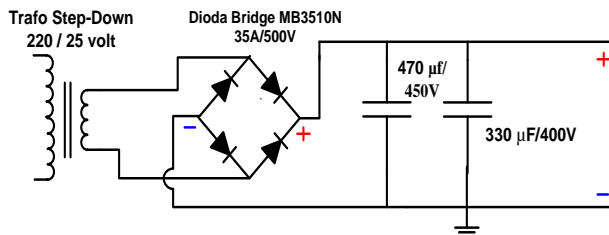


Gambar 4 Rangkaian isolator pulsa

2.2 Perancangan Rangkaian Daya

2.2.1 Penyearah Jembatan Penuh

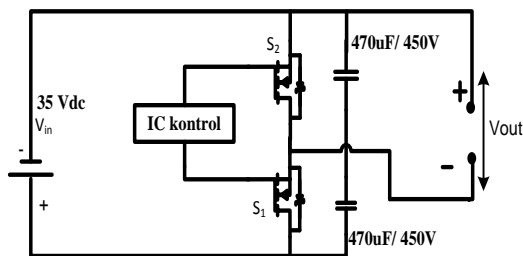
Penyearah yang digunakan untuk rangkaian daya adalah rangkaian penyearah jembatan penuh terdiri dari diode bridge MB3510 dan kapasitor tapis sebanyak 2 buah dengan nilai tiap kapasitor sebesar 470 μ F dan 330uF. Dengan adanya pemasangan kapasitor tapis pada keluaran penyearah sehingga tegangan keluaran rata-rata mendekati nilai rmsnya. Penyearah gelombang penuh ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Penyearah Jembatan Penuh

2.2.2 Inverter Half Bridge

Rangkaian inverter *Half bridge* terdiri dari 2 buah MOSFET dan 2 buah kapasitor. MOSFET yang digunakan yaitu IRFP460 yang memiliki spesifikasi arus drain (I_D) maksimal 20 A dan tegangan maksimal *drain to source* 500 V sehingga MOSFET ini mampu dipasang sebagai komponen saklar pada inverter *Half Bridge*. Rangkaian Inverter Half Bridge dapat dilihat pada Gambar 6^[5]



Gambar 6 Inverter Half Bridge

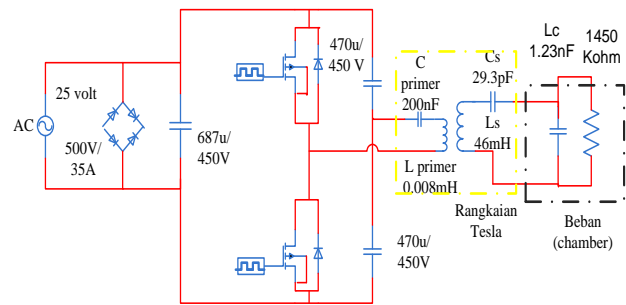
Nilai keluaran tegangan AC pada inverter *Half Bridge* atau *inverter* setengah jembatan memiliki karakteristik, tegangan keluaran yang dihasilkan adalah separuh dari tegangan masukannya^[5].

$$V_{out} = \left(\frac{2}{T_0} \int_0^{T_0/2} \frac{V_s^2}{4} dt \right)^{1/2} = \frac{V_{in}}{2} \quad (2)$$

2.2.3 Kumparan Tesla dan Beban (Ozon Chamber)

Rangkaian kumparan Tesla terdiri dari L, C dan R. Kumparan Tesla terdiri dari dua sisi rangkaian, yaitu sisi primer dan sisi sekunder. Rangkaian ekuivalen terdiri dari kapasitansi dan resistansi. Rangkaian ekuivalen kumparan Tesla dan ozon chamber tertera pada Gambar 7.

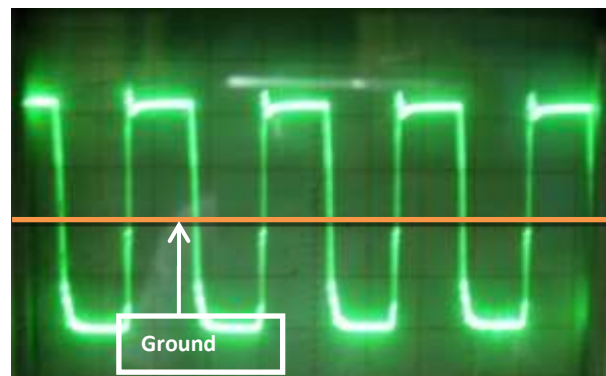
Tiap sisi memiliki induktansi dan resistansi masing – masing. Perbandingan antara lilitan primer dan sekunder adalah 11 : 2020. Sisi primer kumparan Tesla memiliki nilai induktansi sebesar 0,008 mH dan nilai resistansi sebesar 0,043Ω. Sisi sekunder kumparan Tesla memiliki nilai induktansi 46,3 mH dan resistansi sebesar 59 Ω. Nilai kapasitansi pada ozon chamber 1.23nF dan resistansi 1450Kohm



Gambar 7 Rangkaian ekivalen kumparan Tesla

3. Hasil dan Analisis

3.1 Pengujian Sinyal Kontrol



Gambar 8 Sinyal keluaran rangkaian kontrol

Gelombang pada Gambar 8 didapat pada skala 2V/div dan 10µs/div. Sehingga dapat dihitung besarnya tegangan dan frekuensi sebagai berikut :

$$T = 2 \times 10 \mu s / \text{div} = 20 \mu s$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \times 10^{-6}} = 50 \text{ kHz}$$

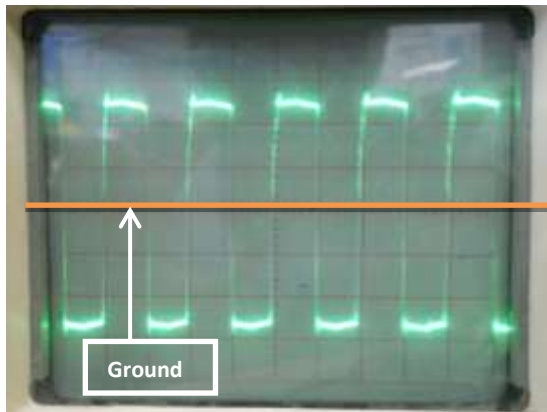
$$V_{pp} = 5 \times 2 \text{ V} / \text{div} = 10 \text{ Volt}$$

$$V_{RMS} = \frac{V_{PP}}{\sqrt{2}} = \frac{10}{\sqrt{2}} = 7.1 \text{ Volt}$$

Didapat frekuensi 50 kHz dan tegangan amplitudo (*peak to peak*) 10 Volt. MOSFET IRFP460 memiliki tegangan pemicuan V_{GS} maksimal ±20 Volt maka dengan tegangan 10 Volt (*peak to peak*) MOSFET IRFP 460 dapat dipicu.

3.2 Pengujian Inverter

Gambar 9 merupakan tegangan keluaran *inverter* tipe *Half Bridge* dengan tinggi 4 div pada skala 10 V/div dan 10µs/div dengan faktor pengali 1 x.



Gambar 9 Gelombang tegangan keluaran *Inverter Half Bridge*

Maka tegangan yang terukur adalah sebesar

$$V_{pp} = 4 \times 10 \text{ V/div} \times 1 = 40 \text{ Volt}$$

$$V_m = \frac{V_{pp}}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ Volt}$$

$$V_{rms} = \frac{V_{mak}}{\sqrt{2}} = \frac{20}{\sqrt{2}} = 16.1$$

Pada subbab 3.2.2 diketahui bahwa tegangan keluaran *inverter* tipe *half bridge* adalah setengah dari tegangan masukan. Tegangan pada Gambar 9 terukur sebesar 16.1 volt Volt sedangkan tegangan keluaran secara perhitungan adalah sebesar

$$V_{in} = 25 \text{ V}_{DC}$$

$$V_o = \frac{V_s}{2}$$

$$V_{in} = 25 \times \sqrt{2} = 35,5$$

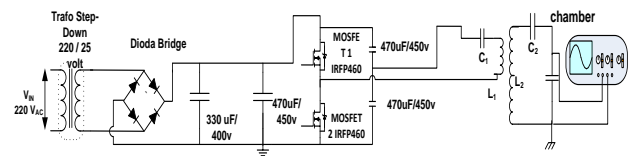
$$V_{out} = \frac{35.5}{2} = 17.6$$

Ada perbedaan tegangan antara perhitungan dan pengukuran, pada pengukuran 16.1 volt dan pada perhitungan 17.6 volt. Hal ini disebabkan oleh timbulnya efek panas pada proses konversi tegangan DC menjadi AC dan adanya riak – riak pada pada gelombang keluaran *inverter* tipe *half bridge* yang terukur. Tegangan keluaran ini digunakan untuk masukan kumparan Tesla.

3.3 Proses Pengujian Gelombang Keluaran Kumparan Tesla dengan Beban Ozon Chamber

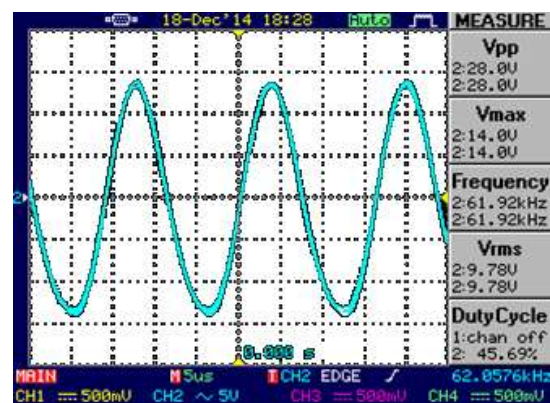
Pengujian gelombang keluaran tegangan dilakukan dengan mengatur perubahan nilai frekuensi untuk menguji bentuk gelombang tegangan keluaran kumparan Tesla seperti pada Gambar 10.

Pengujian dilakukan mengambil satu titik frekuensi, yaitu frekuensi saat resonan. Diambil titik frekuensi resonan karena pada frekuensi ini merupakan kondisi ketika tegangan yang terbangkitkan pada kumparan Tesla maksimal.



Gambar 10 Rangkaian pengujian gelombang keluaran tegangan kumparan tesla dengan beban ozon chamber.

Pada pengujian terlihat bahwa ketika frekuensi sebesar 62 kHz gelombang tegangan keluaran berbentuk sinusoidal. Bentuk gelombang tegangan pada kumparan Tesla tertera pada Gambar 11.

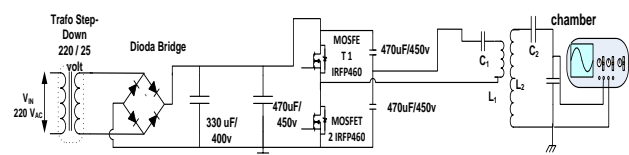


Gambar 11 Gelombang tegangan keluaran kumparan Tesla

Gambar 11 adalah keluaran kumparan Tesla dengan beban chamber pada frekuensi 61.92 kHz dengan tegangan maksimal. Gelombang keluaran ini memiliki tegangan 28volt (peak to peak) dan probe dikali 100.

Maka tegangan maksimal yang dihasilkan adalah 2800 Volt dalam keadaan Vpp di titik frekuensi 61.92 kHz nilai Vrms sebesar 978 Volt. Rangkaian kumparan Tesla sudah membuktikan bahwa kumparan Tesla dapat menaikkan tegangan dari 25 Volt/50Hz (Vrms) menjadi 2800 Volt/61.9 kHz (Vm).

3.4 Pengujian variasi frekuensi terhadap tegangan kumparan tesla



Gambar 12 Pengujian variasi frekuensi terhadap tegangan keluaran kumparan Tesla.

Pengujian ini berfungsi untuk mendapatkan variasi keluaran tegangan tinggi. Pengujian ini dilakukan dengan mengubah nilai frekuensi pada inverter yang berfungsi

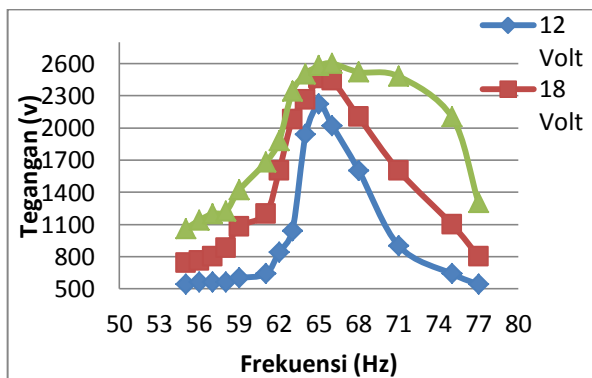
sebagai masukan kumparan Tesla. Dengan mengubah nilai frekuensi akan didapatkan keluaran *inverter Half Bridge* dan keluaran tegangan tinggi dapat divariasikan sesuai dengan kebutuhan. Gambar 12 adalah rangkaian pengujian tegangan kumparan Tesla terhadap variasi frekuensi.

Variasi frekuensi dipilih antara 58 kHz dan 80 kHz. Frekuensi 65 kHz untuk mewakili kondisi saat resonan, dan *dutycycle* 50%. Data yang diambil antara lain Tegangan V_{in} dan $V_{pp\ out}$. V_{in} adalah tegangan masukan yang diukur pada sumber DC inverter *half bridge* dengan nilai V_{in} 12, 18 dan 25 volt. $V_{pp\ out}$ adalah tegangan yang terukur pada sisi sekunder kumparan Tesla pada beban ozon chamber. Penguatan tegangan yang terjadi pada kumparan Tesla dapat diketahui dengan membandingkan kedua data tersebut dan menunjukkan nilai tegangan tertinggi terjadi saat resonan. Hasil pengujian variasi frekuensi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data pengujian variasi frekuensi terhadap tegangan

Frekuensi (Hz)	$V_o(V_{pp}) @ V_{in} = 12$ Volt	$V_o(V_{pp}) @ V_{in} = 18$ Volt	$V_o(V_{pp}) @ V_{in} = 25$ Volt
55	540	740	1060
56	560	760	1140
57	560	800	1200
58	560	880	1220
59	600	1080	1420
61	640	1200	1680
62	840	1600	1880
63	1040	2080	2340
64	1940	2260	2500
65	2220	2460	2600
66	2020	2440	2580
68	1600	2100	2520
71	900	1600	2480
75	640	1100	2100
77	540	800	1300

Dari Tabel 1 dapat dibuat grafik sebagai berikut:

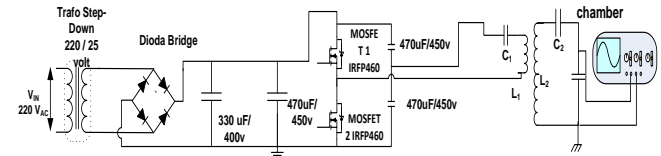


Gambar 13 Grafik hubungan antara tegangan tinggi dengan frekuensi

Dari Gambar 13 terlihat bahwa ketika frekuensi 65 kHz adalah frekuensi dengan tegangan keluaran tertinggi karena frekuensi 65 kHz adalah frekuensi resonan. Hal itu terjadi pada setiap tegangan input yang berbeda 12, 18

dan 25 Volt. Pada V_{in} 12 Volt tegangan keluaran tertinggi adalah 2220 Volt. Pada V_{in} 18 Volt tegangan keluaran tertinggi adalah 2460 Volt. Pada V_{in} 25 Volt tegangan keluaran tertinggi adalah 2580 Volt.

3.5 Pengujian Efisiensi pada Inverter dengan Kumparan Tesla



Gambar 14 Pengujian Efisiensi Inverter Half Bridge dengan Kumparan Tesla beban Ozon Chamber

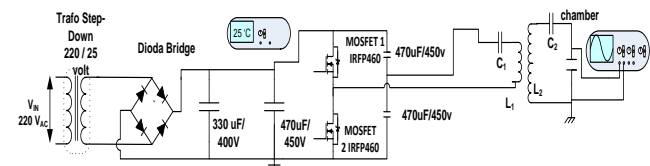
Pengujian ini bertujuan mengetahui besarnya efisiensi pada inverter *half bridge* pada saat diberi beban kumparan tesla dan ozon chamber. Pada pengujian ini diberikan 3 variasi sumber 12, 18, dan 25 Volt. Tabel 2 merupakan hasil pengujian efisiensi pada inverter *half bridge*.

Tabel 2 Hasil efisiensi pada Inverter Half Bridge dengan Kumparan tesla

V_{ac}	I_{ac}	$\cos \theta$	V_o	I_o	P_o	P_i	η
12	0.62	0.89	742.4	0.0042	2.68	6.62	40.5
18	0.69	0.91	869.7	0.0052	3.89	11.30	34.4
25	0.7	0.92	919.2	0.0068	5.69	16.10	35.3

Dari hasil Tabel 2 hasil perhitungan efisiensi keluaran inverter dengan kumparan tesla dapat dilihat bahwa nilai daya keluaran semakin meningkat sesuai dengan daya input yang diberikan. Semakin besar daya input maka semakin besar nilai daya output dan nilai efisiensi cenderung meningkat. Pada V_{in} 12 volt nilai efisiensi tinggi karena ozon pada indikator pada chamber tidak keluar sedangkan pada 18 dan 25 volt ozon pada indikator keluar.

3.6 Pengujian Suhu Mosfet pada Kinerja Rangkaian Inverter Half Bridge



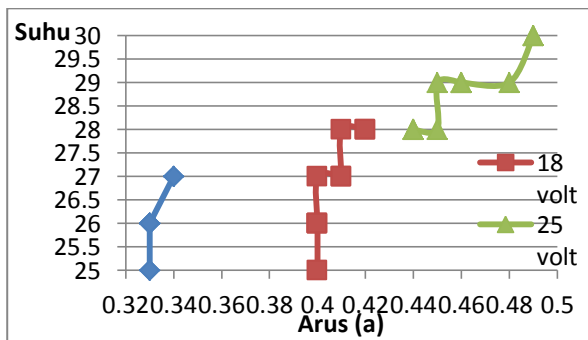
Gambar 15 Pengujian Suhu Inverter Half Bridge

Pengujian ini bertujuan untuk mengamati perubahan suhu yang terjadi pada MOSFET yang digunakan pada rangkaian inverter *half bridge*. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur suhu pada MOSFET untuk mengetahui kinerja MOSFET dengan mengamati perubahan suhu

MOSFET terhadap waktu pada frekuensi resonan dan membandingkan dengan datasheet pada MOSFET. MOSFET yang digunakan pada pengujian ini MOSFET IRFP 460. Pada pengujian ini frekuensi resonan pada frekuensi 65 KHz

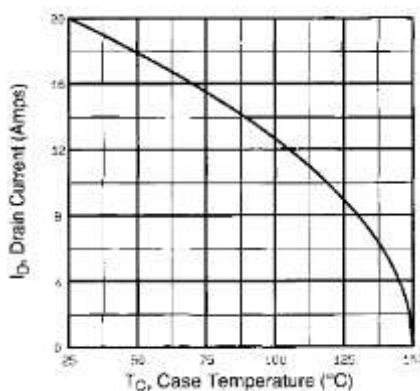
Tabel 3 Hasil pengukuran suhu dan arus pada *Inverter Half Bridge*

Waktu (detik)	25 volt		18 volt		12 volt	
	arus	suhu	arus	suhu	arus	suhu
30	0.44	28	0.4	25	0.33	25
60	0.44	28	0.4	26	0.33	25
90	0.44	28	0.4	26	0.33	26
120	0.45	28	0.4	26	0.33	26
150	0.45	29	0.4	27	0.33	26
180	0.46	29	0.41	27	0.33	26
210	0.46	29	0.41	27	0.33	26
240	0.48	29	0.41	28	0.33	26
270	0.49	30	0.42	28	0.34	27
300	0.49	30	0.42	28	0.34	27



Gambar 16 Grafik hubungan arus dengan suhu

Pada Gambar 16 dapat dilihat bahwa suhu MOSFET cenderung naik dengan bertambahnya waktu. Semakin lama waktu maka suhu MOSFET akan meningkat. Suhu MOSFET meningkat disebabkan arus yang melewati MOSFET semakin meningkat. Pada data sheet MOSFET IRFP460 suhu berpengaruh pada nilai arus yang dapat dilalui MOSFET.



Gambar 19 Data sheet IRFP 460 Pengaruh kenaikan suhu terhadap arus yang dapat dilalui MOSFET

Dari data sheet diatas dapat diketahui bahwa semakin meningkatnya suhu maka arus yang dapat dilalui MOSFET akan semakin berkurang. MOSFET IRFP 460 bekerja maksimal pada suhu 25°C dimana dapat dilalui arus sebesar 20A. Semakin meningkatnya suhu menyebabkan kekuatan MOSFET untuk menahan arus yang melewatinya semakin berkurang.

Pada Penelitian ini suhu MOSFET antara 25°C sampai 35°C dengan $V_{in} = 25V_{ac}$. Pada suhu tersebut MOSFET dapat dilewati arus sebesar 20 – 15 Ampere. Hal ini masih dalam keadaan baik karena pada penelitian ini arus yang terukur melewati MOSFET antara 0.3 – 2 Ampere dan MOSFET masih kuat untuk menahan arus. Dengan meningkatnya suhu pada MOSFET maka menyebabkan kerugian pada alat. Sebagai solusi, pada MOSFET diberikan heatsink dan pendingin seperti kipas DC untuk mengurangi suhu meningkat pada MOSFET.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perancangan Inverter *Half Bridge* telah di buat. Hasil pengukuran tegangan keluaran inverter *half bridge* Untuk $V_{IN} = 25 V_{AC}$ yang disearahkan menjadi $V_{IN} = 35 V_{DC}$, hasil pengukuran keluaran inverter $V_{Inverter} = 16.1V_{ac}$ sedangkan hasil perhitungan sebesar 17.6 V_{AC} . Terdapat perbedaan antara tegangan pengukuran dengan perhitungan, hal ini disebabkan karena adanya riak – riak yang terdapat pada gelombang tegangan yang terukur.
2. Hasil pengukuran Tegangan keluaran (V_{ppout}) kumparan Tesla pada frekuensi resonan (65 kHz) adalah 2,88 kV dengan kondisi $V_{IN} 25 V_{AC}$ dan *duty cycle* 50%.
3. Hasil pengukuran pada frekuensi sebelum resonan (58 kHz) tegangan keluaran (V_{ppout}) terbesar dari kumparan Tesla adalah 1,2 kV dengan kondisi $V_{IN} 25 V_{AC}$ dan *duty cycle* 50%. Hasil pengukuran pada frekuensi setelah resonan (75 kHz) tegangan keluaran (V_{ppout}) terbesar dari kumparan Tesla adalah 2.1 kV dengan kondisi $V_{IN} 25 V_{AC}$ dan *duty cycle* 50%.
4. Efisiensi pada inverter *half bridge* dengan kumparan tesla dengan tegangan masukan $V_{IN} = 25 V_{AC}$ dan *duty cycle* 50% mempunyai efisiensi sebesar 37.36% pada kondisi frekuensi 65 KHz
5. Suhu MOSFET berpengaruh terhadap kekuatan arus yang melewati MOSFET. Semakin tinggi suhu maka arus yang dapat dilewati MOSFET semakin kecil. Pada penelitian ini suhu MOSFET diantara 25 – 35 °C dimana MOSFET dapat menahan arus diantara 20 – 15 Ampere dan suhu yang melewati MOSFET pada penelitian ini antara 0.5 – 2 Ampere pada $V_{in} = 25$ Volt. Sehingga MOSFET dapat dikatakan masih berkerja dengan baik.

Referensi

- [1]. Kazimierzczuk Marian K, Czarkowski Darius, Resonant Power Converter, John Wiley and Sons, Inc.1995
- [2]. Farriz M. B., A. Din, A.A. Rahman, M.S. Yahaya, J.M. Herman "A Simple Design of a Mini Tesla Coil With DC Voltage Input". Faculty of Electrical Engineering. Universiti Teknikal Malaysia Malaka. 2010
- [3]. Kurniawan, Sandra aditya. "Perancangan Inverter Push Pull Sebagai Catu Daya Frekuensi Tinggi untuk Rangkaian Resonansi Kumparan Tesla". penelitian, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang 2014.
- [4]. Mujahid, Wildan. "Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi AC Frekuensi Tinggi dengan Kumparan Tesla menggunakan Inverter Jenis Push-Pull", penelitian, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, 2010 .
- [5]. Budiman, Rezon Arif. "Perancangan Half Bridge Inverter untuk Catu Daya Pemanas Induksi pada Alat Extruder Plastik", penelitian, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang .2012
- [6]. Surjono, Herman Dwi. *Elektronika Lanjut*. Jember: Penerbit Cerdas Ulet Kreatif, 2009.
- [7]. Safarudin, Yanuar Mahfudz."Perancangan Modul Praktikum Inverter Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM) 2 Level, 3 Level dan Sinusoidal", penelitian, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang . 2013.
- [8]. Habibi, Ahmad."Pembangkitan Tegangan Tinggi Bolak – Balik Frekuensi Tinggi dengan Kumparan Tesla . penelitian, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang .2007.
- [9]. Tobing, Bonggas L, *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2003.
- [10]. Abduh, Syamsir, "Teknik Tegangan Tinggi", Jakarta, Salemba Teknika, Halaman 36-38. 2001
- [11]. Rudy Severns: *Design of Snubbers for Power Circuits*, www.cde.com/tech/design.pdf, July 2009.
- [12]. ---, <http://www.alldatasheet.com/>.