

# ANALISIS RESONANT TRAF0 STEP UP DENGAN PENYEARAH CT DAN JEMBATAN PENUH

Hendra Fadholi Adi Prabowo<sup>\*)</sup>, Mochammad Facta, and Agung Nugroho

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

<sup>\*)</sup> Email : [hendrafadholi@gmail.com](mailto:hendrafadholi@gmail.com)

## Abstrak

Trafo adalah salah satu peralatan listrik yang sering digunakan dalam pemakaian sehari-hari. Sebuah trafo memiliki kemampuan mentransformasikan tegangan dan konverter resonant mampu menurunkan rugi-rugi pensaklaran serta mengurangi EMI (Electromagnetic Interference) dengan teknik pensaklaran tegangan. Trafo step up dengan rasio lilitan yang tinggi memiliki induktansi bocor sekunder dan kapasitansi yang besar yang ditunjukkan dari lilitan sekunder ke lilitan primer dan akan terinduksi di lilitan primer. Hal tersebut menyebabkan arus resonant yang besar pada saat waktu transisi turn on. Konverter resonant dengan rangkaian penyearah digunakan untuk menyelesaikan masalah tersebut. Penyearah dengan center tap dan penyearah jembatan penuh digunakan sebagai penyearah pada keluaran sisi sekunder trafo step up. Penggunaan rangkaian penyearah menyebabkan penambahan komponen parasitik pada trafo. Komponen parasitik terdiri dari kapasitansi stray sisi sekunder, kapasitansi junction dioda dan induktansi bocor sisi sekunder trafo. Nilai komponen parasitik didapatkan dengan pengukuran LCR meter digital. Puncak resonansi akan dianalisis dengan software simulasi PSIM 5.0.3 dan pengukuran dengan osiloskop. Puncak resonant mengalami pergeseran yang disebabkan komponen parasitik. Puncak penyearah dengan center tap ada pada 6,7 kHz dan penyearah jembatan penuh pada 7,1 kHz. Tegangan masukan sebesar 21 Volt, tegangan input tersebut dapat mencapai tegangan tinggi DC sebesar 2 kV untuk penyearah dengan center tap dan 5,5 kV untuk penyearah jembatan penuh. Beban yang digunakan adalah elektroda jarum bidang dengan ozon sebagai indikator terjadinya medan tinggi.

*Kata kunci : trafo, resonant, penyearah*

## Abstract

Transformer is once electric utility which common application daily life. A transformer have an ability to voltage transform. Resonant converter able to reduce switching losses and EMI ( Electromagnetic Interference) with volage switching technique. A step up transformer with high winding ratio have a large secondary leakage inductance and capacitance that shows from secondary to primary winding and be inducted in the primary winding. In this case cause a large resonant current at turn on transition time. Resonant converter with rectifier circuit can solve this problem. CT rectifier and fullbridge rectifier use to rectifying secondary side transformer's output. Rectifier circuit causing paracitic component in the traformer. Paracitic component consist of stray capacitance, diode junction capacitance and leakage inductance secondary transformer's. The value of paracitic component acquired from digital LCR meter measurement. The peak of resonant will be analyze use PSIM 5.0.3 software and oscilloscope maesurement. The peak of resonant shifted because of paracitic component. The resonant's peak of CT rectifier at 6.7 kHz and fullbridge rectifier at 7.1 kHz. The input voltage is 21 V ,it can be reach high voltage DC 2 kV for CT rectifier and 5.5 kV for fullbridge rectifier. The load is needle-plate electrode with ozon as indicator of high field.

*Keyword : transformer, resonant, rectifier*

## 1. Pendahuluan

Sebuah transformer memiliki kemampuan mentransformasikan tegangan dan konverter resonant mampu menurunkan rugi-rugi pensaklaran serta mengurangi EMI (*Electromagnetic Interference*) dengan teknik pensaklaran tegangan. Sehingga konverter resonant sangat tepat untuk mendesain pembangkit tegangan tinggi plasma.[3][4]

Pembangkit tegangan tinggi harus mampu menghasilkan keluaran tegangan tinggi dengan konverter rasio step up menjadi tegangan tinggi. Transformer dengan rasio lilitan yang tinggi memiliki induktansi bocor dan kapasitansi yang besar, yang ditunjukkan dari lilitan sekunder ke lilitan primer, yang akan terinduksi di lilitan primer. Hal tersebut menyebabkan arus resonant yang besar pada saat waktu transisi *turn on*. Rangkaian resonant dengan rangkaian penyearah jembatan penuh digunakan untuk

menyelesaikan masalah tersebut. Penyearah jembatan penuh dengan rangkaian resonant dapat mencegah pembangkitan arus resonant yang besar.[3]

Resonant yang digunakan adalah tipe LC seri dengan trafo step up dengan dua jenis penyearah. Pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan analisis resonant transformator dengan penyearah jembatan penuh dan penyearah gelombang penuh dengan *center tap*. Analisa dilakukan dengan pendekatan rangkaian ekuivalen trafo dengan kedua jenis penyearah tersebut menggunakan software PSIM 5.0.3.

Rangkaian ekuivalen trafo step up dipengaruhi kapasitansi *stray* yang cukup besar pada sisi sekunder trafo step up karena terdapat banyak lilitan sekunder beserta layar isolasinya.[2] Rangkaian ekuivalen trafo dengan penyearah dengan *center tap* memiliki lebih banyak faktor yang berpengaruh seperti kapasitansi sekunder, kapasitansi *junction* dioda dan induktansi bocor sekunder trafo.[5] Variasi tegangan dan frekuensi dilakukan dalam mengetahui kemampuan konverter trafo dan penyearah tipe jembatan penuh dan penyearah dengan *center tap*. Pada penelitian tugas akhir ini diharapkan mampu menjadi referensi pada penelitian lain dan bermanfaat untuk pendidikan.

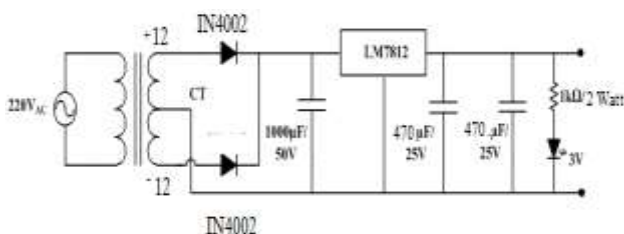
## 2. Metode

Resonant trafo step up dengan penyearah CT dan *fullbridge* tersusun dari beberapa blok utama yaitu sumber tegangan AC, rangkaian penyearah, rangkaian osilator pulsa, rangkaian inverter, rangkaian resonant, trafo step up, kapasitor kopling dan beban.

### 2.1 Perancangan Rangkaian Kontrol

#### 2.1.1 Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa

Penyearah rangkaian osilator pulsa digunakan penyearah gelombang penuh dengan trafo CT. Pada penyearah ini digunakan 2 dioda untuk menyearahkan hasil keluaran dari trafo. Gambar 1 adalah gambar rangkaian penyearah.



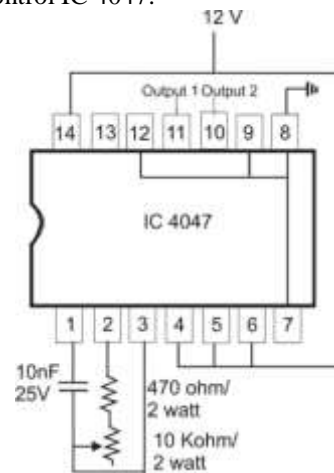
Gambar 1. Penyearah gelombang Penuh Fasa CT

Rangkaian ini merupakan sumber DC 12 V. Tegangan 12 V berfungsi sebagai suplai untuk IC 4047 dan driver trafo pulsa. Tegangan DC didapatkan dari hasil penyearahan

tegangan AC jala-jala yang sebelumnya diturunkan tegangannya menggunakan trafo CT. Tegangan DC selanjutnya diteruskan ke IC regulator LM7812. LED digunakan untuk indikator rangkaian penyearah bekerja.

#### 2.1.2 Rangkaian IC 4047

Rangkaian osilator IC 4047 ini berguna untuk memicu gate mosfet pada inverter. Gambar 2 adalah perancangan rangkaian kontrol IC 4047.



Gambar 2. Rangkaian osilator IC 4047

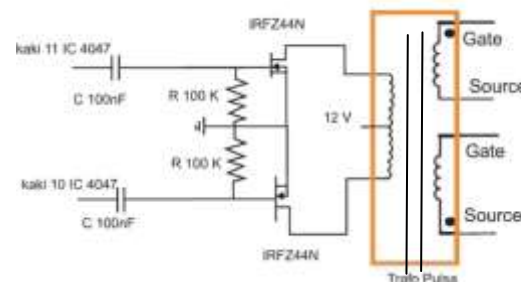
Untuk menentukan nilai frekuensi, resistor dan kapasitor maka digunakan persamaan berikut ini :

$$f_{osc} = \frac{1}{4,40 \cdot R \cdot C} \quad (2.1)$$

Dari persamaan diatas kerja frekuensi IC ini berkisar 2 kHz-48 kHz, kapasitor 10 nF, resistor 470 ohm dan resistor variabel 10K ohm.

#### 2.1.3 Rangkaian Isolasi Trafo Pulsa

Rangkaian trafo pulsa digunakan untuk mengisolasi rangkaian kontrol dan memicu rangkaian daya. Trafo pulsa dipilih karena memiliki dua buah input dan dua buah keluaran.



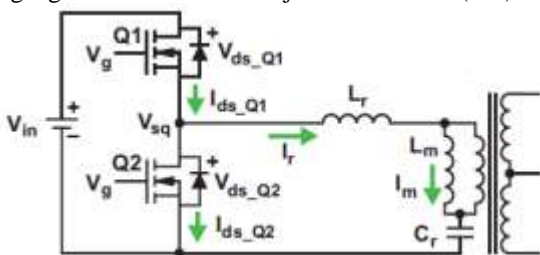
Gambar 3. Rangkaian isolasi trafo pulsa

Prinsip kerja dari rangkaian driver dan trafo isolator pulsa cukup sederhana, kumparan primer pada trafo pulsa yang

merupakan trafo dengan *center tap* diberi masukan tegangan 12 Volt DC. Saat MOSFET 1 *on* karena dipicu oleh rangkaian IC 4047 maka arus akan mengalir ke arah MOSFET 1 menuju *ground* kemudian saat MOSFET 2 terpicu maka arus akan mengalir ke arah MOSFET 2 menuju *ground*. Perubahan arah arus ini mengakibatkan perubahan fluksi dan menimbulkan ggl pada kumparan sekunder.

## 2.2 Perancangan Inverter Satu Fasa dan Resonant LC Trafo Step Up

Rangkaian resonant terdiri dari inverter, induktor (trafo) dan kapasitor. Inverter satu fasa berfungsi mengubah tegangan masukan DC menjadi bolak-balik (AC).

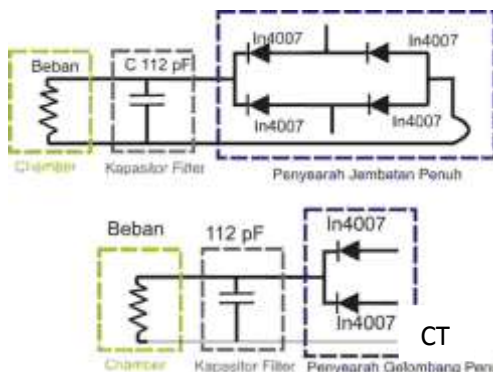


Gambar 4. Rangkaian resonant dengan trafo step up

Rangkaian menggunakan masukan tegangan DC ( $V_{in}$ ) dari DC chopper tipe buckboost. Inverter menggunakan mosfet IRFP 460 yang mampu menahan tegangan masukan hingga 500 V dan arus kontinyu hingga 20 A. Induktor yang digunakan adalah 2 mH yang didapat dari induktansi magnetisasi ( $L_m$ ) trafo dan kapasitor resonant 200 nF untuk penyearah *fullbridge* dan penyearah CT.

## 2.3 Perancangan Penyearah Tegangan Tinggi, Kapasitor Filter dan Beban

Penyearah tegangan tinggi menggunakan 72 dioda IN4007 yang dirangkai secara seri – paralel membentuk penyearah tipe jembatan dan penyearah CT. Kapasitor filter untuk mengurangi tegangan ripple saat konversi tegangan AC ke DC dan beban berupa elektroda jarum-plat.



Gambar 5. Rangkaian penyearah, filter dan beban

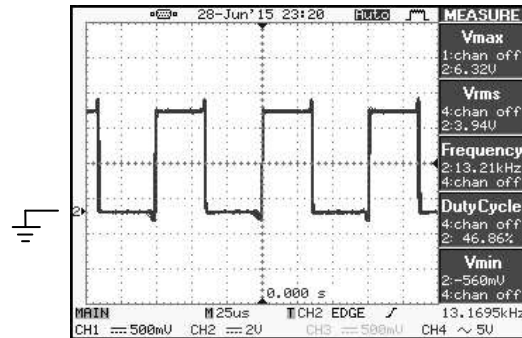
Dioda IN4007 dipilih karena memiliki kekuatan tegangan balik hingga 1 kV. Kapasitor yang digunakan adalah kapasitor tegangan tinggi 112 pF/ 8 kV dan beban yang digunakan adalah elektroda jarum bidang dengan jarak 4 mm. Elektroda jarum sebagai sisi negatif ( *ground* ) dan bidang sebagai kutub positif (+).

## 3. Hasil dan Analisa

Pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan kerja sistem yang telah dirancang.

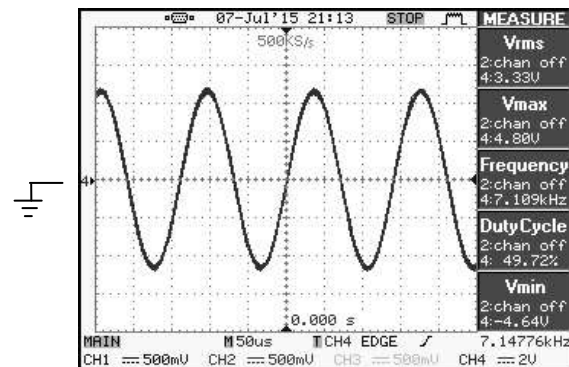
### 3.1 Pengujian Blok Rangkaian Resonant

Pengukuran rangkaian resonant terdiri dari keluaran inverter satu fasa dan resonant. Keluaran inverter pada Gambar 6



Gambar 6. Gelombang keluaran Inverter satu fasa

Gelombang ini dapat diterima karena bentuk gelombang sudah mendekati persegi dengan waktu on dan off yang sama besar. Gelombang sudah mendekati teori dimana tegangan maksimal keluaran inverter adalah sama dengan tegangan masukan yaitu  $V_{in} = 6$  V mendekati nilai  $V_{maks} = 6,3$  V. Perbedaan ini disebabkan adanya sedikit spike pada gelombang saat *switching*.



Gambar 7. Gelombang saat kondisi resonant

Gelombang pada Gambar 7 merupakan gelombang keluaran inverter dan resonan LC pada posisi paralel dengan kapasitor. Gelombang sinus tersebut memiliki div vertikal sebesar 2,8 dan horizontal 2,7. Nilai tegangan *peak to peak* ( $V_{pp}$ ) adalah :

$$V_{pp} = 4,5 \text{ div} \times 2 \text{ V/div} \times 10 = 90 \text{ V}$$

Sedangkan nilai frekuensi osilasinya :

$$f = \frac{1}{\text{div horizontal} \times \frac{T}{\text{div}} \times \text{pengali probe}}$$

$$= \frac{1}{2,8 \times \frac{50\mu s}{\text{div}} \times 1}$$

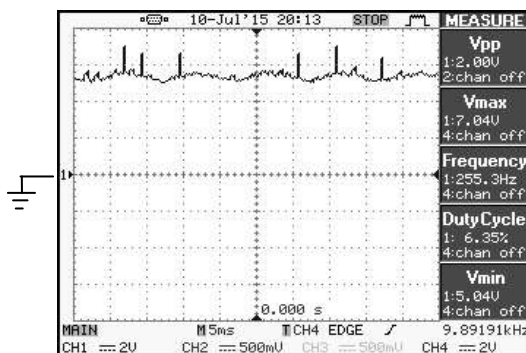
$$= 7,1 \text{ kHz}$$

Pada perhitungan frekuensi resonansi pada perancangan dengan software PSIM didapatkan frekuensi resonansi pada 7193 Hz. Namun pada prakteknya didapatkan frekuensi resonansi di 7100 Hz. Hal ini disebabkan induktansi trafo dapat bergeser karena pengaruh jumper antar komponen. Nilai kapasitor yang tidak murni 200 nF juga ikut mempengaruhi nilai frekuensi resonansi pada praktiknya.

### 3.2 Pengujian Blok rangkaian Penyearah

#### 3.2.1 Penyearah Jembatan Penuh

Pada pengujian variasi tegangan masukan digunakan sumber tegangan DC stabil yaitu DC chopper tipe buckboost. Buckboost memiliki tegangan masukan sebesar 21  $V_{dc}$  yang outputnya dapat divariasikan tergantung *duty cycle buckboost*. Pengujian pengukuran keluaran dilakukan saat kondisi resonansi 7,1 kHz. Berikut adalah salah satu hasil pengukuran dengan osiloskop pada percobaan variasi penyearah jembatan penuh dengan masukan tegangan hingga 20,6 V.



Gambar 8. Gelombang keluaran penyearah jembatan penuh probe x 1000 , 2V/ div, 5 ms/ div

Pada hasil pengukuran dengan osiloskop didapatkan gelombang keluaran tegangan tinggi DC yang terdapat ripple. Ripple disebabkan proses konversi AC ke DC yang kurang sempurna sehingga keluaran DC tidak stabil. Berikut adalah perhitungan gelombang keluaran gambar 8 :

$$V_{mak} = 3 \text{ div} \times 2 \text{ V/div} \times 1000 = 6000 \text{ V}$$

Sedangkan nilai  $V_{min}$  :

$$V_{min} = 2,5 \text{ div} \times 2 \text{ V/div} \times 1000 = 5000 \text{ V}$$

Sehingga didapatkan  $V_{dc}$  :

$$V_{dc} = \frac{V_{maks} + V_{min}}{2}$$

$$V_{dc} = \frac{6000 + 5000}{2}$$

$$V_{dc} = 5,5 \text{ kV}$$

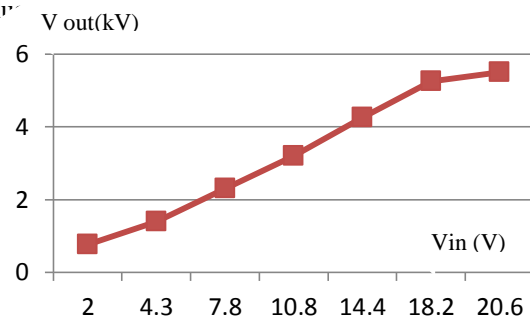
Dari hasil pengukuran lain didapatkan hasil pada

Tabel 1

Tabel 1. Hasil pengukuran tegangan keluaran variasi tegangan masukan

No	Duty (%)	Vin(A)	Iin(A)	Vout (kV)
1	10	2	0,06	0,76
2	20	4,3	0,11	1,4
3	30	7,8	0,19	2,3
4	40	10,8	0,26	3,2
5	50	14,4	0,32	4,25
6	60	18,2	0,4	5,25
7	70	20,6	0,43	5,5

Pada hasil pengukuran diatas didapatkan bahwa semakin besar tegangan masukan maka semakin besar tegangan keluaran.

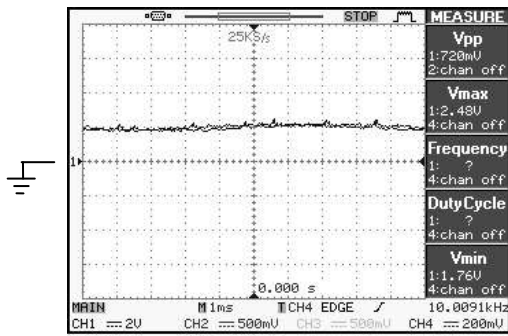


Gambar 9. Grafik perbandingan tegangan masukan dan tegangan keluaran

Pada grafik dapat terlihat semakin besar tegangan masukan maka semakin besar tegangan keluaran resonant. Hal ini sudah sesuai dengan teori dimana semakin besar daya yang masuk semakin besar daya yang keluar.

#### 3.2.2 Penyearah CT

Pada pengujian penyearah gelombang penuh dengan CT didapatkan tegangan keluaran yang lebih kecil. Keluaran tegangan yang lebih kecil disebabkan rasio lilitan yang lebih sedikit dengan rasio 1:10:10. Pengujian pengukuran keluaran dilakukan saat kondisi resonansi 6,7 kHz. Hasil pengukuran dengan osiloskop pada percobaan variasi penyearah gelombang penuh dengan CT disajikan pada Gambar 10.



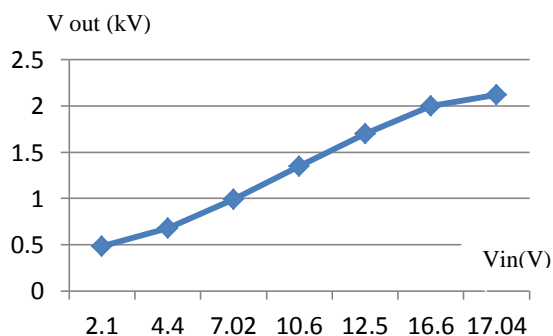
Gambar 10. Gelombang keluaran penyearah jembatan penuh probe x 1000 , 2V/ div, 1ms/ div

Pada hasil pengukuran dengan osiloskop didapatkan gelombang keluaran tegangan tinggi DC yang terdapat ripple. Ripple disebabkan proses konversi AC ke DC yang kurang sempurna sehingga keluaran DC tidak stabil. Pada gambar diatas terdapat *spike* saat proses penyearahan. *Spike* disebabkan induksi dari induktansi bocor primer trafo ke sisi sekunder. Hal ini dapat diterima karena gelombang keluaran hanya mengalir ke elektroda sehingga tidak membahayakan rangkaian daya (*Buckboost* Konverter). Dari hasil pengukuran lain didapatkan hasil pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran tegangan keluaran variasi tegangan masukan

No	Duty (%)	Vin(A)	Iin(A)	Vout (kV)
1	10	2,1	0,1	0,48
2	20	4,4	0,17	0,68
3	30	7,02	0,24	0,99
4	40	10,6	0,33	1,35
5	50	12,5	0,38	1,7
6	60	16,6	0,47	2
7	70	17,04	0,5	2,12

Pada hasil pengukuran diatas didapatkan bahwa semakin besar tegangan masukan maka semakin besar tegangan keluaran resonant.



Gambar 11. Grafik Perbandingan tegangan masukan dan tegangan keluaran penyearah CT

Pada grafik dapat terlihat semakin besar tegangan masukan maka semakin besar tegangan keluaran resonant. Hal ini sudah sesuai dengan teori dimana semakin besar daya yang masuk semakin besar daya yang keluar.

### 3.3 Pengujian Variasi Frekuensi

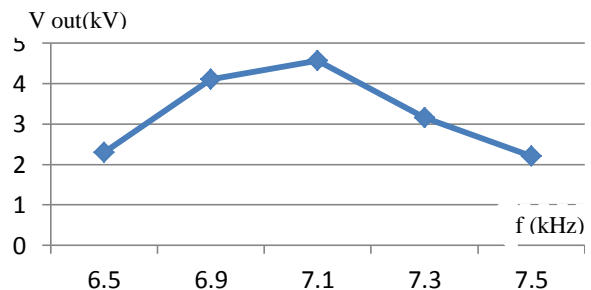
#### 3.3.1 Pengujian Variasi Frekuensi pada Penyearah Jembatan Penuh

Pengujian variasi frekuensi dilakukan untuk mengetahui titik frekuensi resonansi pada rangkaian resonant. Pada penyearah jembatan penuh berdasarkan perhitungan dan simulasi didapatkan resonansi berada di sekitar 7,1 kHz. Pada pengujian ini digunakan kapasitor resonant ( $C_r$ ) 200 nF. Berikut adalah data yang didapatkan dalam pengujian pada Tabel 3. Pengujian menggunakan masukan buckboost dengan duty cycle 50%.

Tabel 3. Hasil pengukuran tegangan keluaran variasi Frekuensi

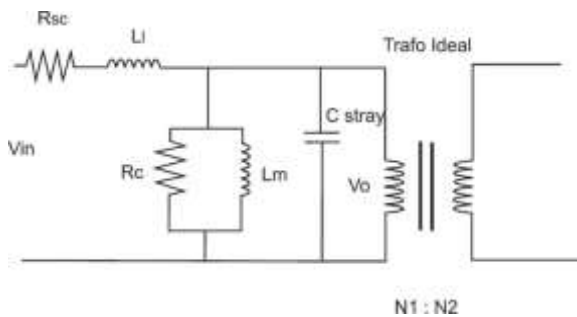
No	Frekuensi (kHz)	Vin(A)	Iin(A)	Vout (kV)
1	6,5	18,5	0,11	2,3
2	6,9	14	0,36	4,1
3	7,1	14,8	0,31	4,56
4	7,3	17,4	0,15	3,15
5	7,5	20,3	0,07	2,2

Berdasarkan data diatas nilai resonant ada disekitar 7,1 kHz. Pada frekuensi tersebut nilai tegangan keluaran memiliki keluaran terbesar yaitu 4,56 kV. Hal ini menunjukkan bahwa nilai impedansi pada frekuensi tersebut paling kecil atau dengan kata lain titik resonansi sehingga nilai  $X_L = X_C$ . Data dari Tabel 3 didapatkan grafik pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik perbandingan nilai tegangan keluaran dan frekuensi switching





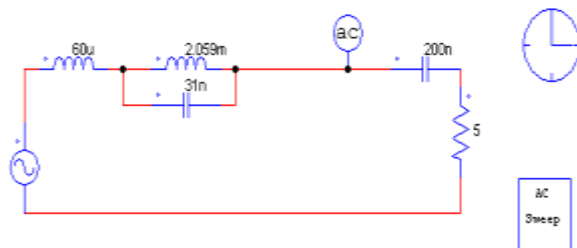
Gambar 13. Rangkaian ekuivalen resonant trafo dengan penyearah fullbridge

Dari hasil pengukuran LCR meter didapatkan nilai parameter sebagai berikut trafo pada Tabel 4.

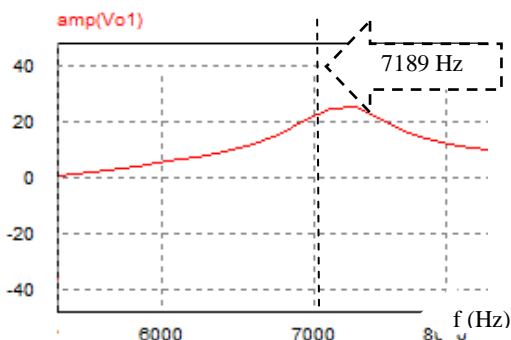
Tabel 4. Hasil pengukuran nilai parameter trafo sisi Primer

$R_{sc}$	$L_l$	$R_c$	$L_m$	$C_{stray}$
0,06 ohm	0,06 mH	4,95 ohm	2,059 mH	31 nF

Nilai-nilai tersebut disimulasikan dengan bantuan software PSIM 5.0.3. Hasil simulasi dapat disajikan pada Gambar 14.



Gambar 14. Simulasi rangkaian ekuivalen resonant trafo dengan penyearah fullbridge



Gambar 15. Hasil AC Sweep resonant penyearah jembatan penuh pada software PSIM

Grafik diatas menunjukkan puncak resonant ada di 7,1 kHz. Frekuensi tersebut sudah mendekati nilai frekuensi

resonansi perhitungan dan simulasi yaitu 7,189 kHz. Perbedaan nilai disebabkan frekuensi yang kurang stabil saat pengambilan data dengan osiloskop dan adanya komponen parasitik pada jumper penyambungan yang tidak ikut dihitung dalam simulasi dengan software PSIM.

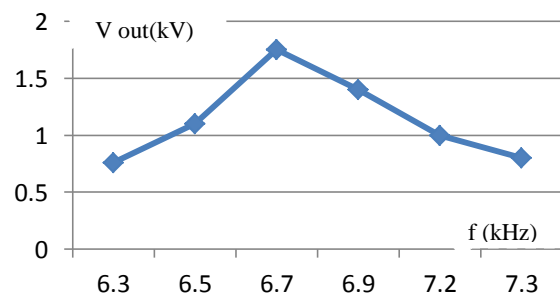
### 3.3.2 Pengujian Variasi Frekuensi pada Penyearah CT

Pengujian variasi frekuensi dilakukan untuk mengetahui titik frekuensi resonansi pada rangkaian resonant. Pada penyearah jembatan penuh berdasarkan perhitungan simulasi didapatkan resonansi berada di sekitar 6,7 kHz. Pada pengujian ini digunakan kapasitor resonant ( $C_r$ ) 200 nF. Pengujian menggunakan masukan buckboost dengan duty cycle 50%.

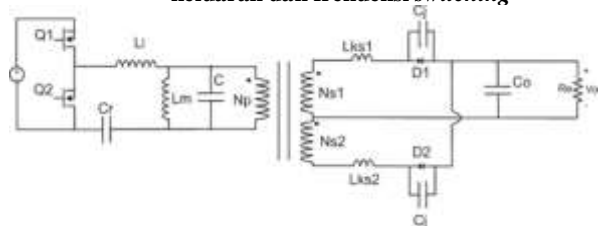
Tabel 5. Hasil pengukuran tegangan keluaran variasi Frekuensi

No	Frekuensi (kHz)	Vin(A)	Iin(A)	Vout (kV)
1	6,3	19,7	0,08	0,76
2	6,5	17,3	0,2	1,1
3	6,7	13,6	0,4	1,75
4	6,9	16,6	0,24	1,4
5	7,2	19,4	0,10	1
6	7,3	20,1	0,06	0,8

Berdasarkan data diatas nilai resonan ada disekitar 6,7 kHz. Pada frekuensi tersebut nilai arus masukan ( $I_{in}$ ) memiliki nilai terbesar yaitu 0,4 A. Hal ini menunjukkan bahwa nilai impedansi pada frekuensi tersebut paling kecil atau dengan kata lain titik resonansi sehingga nilai  $X_L = X_C$ . Berikut grafik dari data diatas



Gambar 16. Grafik perbandingan nilai tegangan keluaran dan frekuensi switching



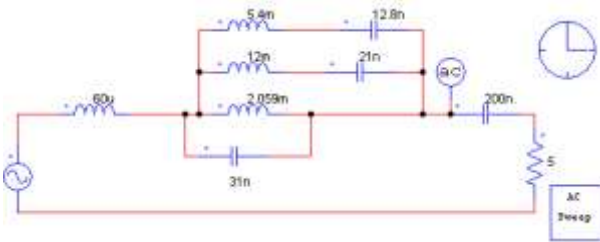
Gambar 17. Rangkaian ekuivalen resonant trafo dengan penyearah CT

Dari hasil pengukuran LCR meter didapatkan nilai parameter sebagai berikut trafo pada Tabel 6

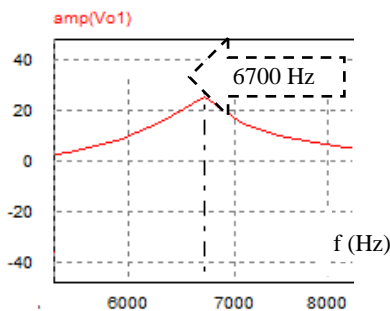
**Tabel 6. Hasil pengukuran nilai parameter rangkaian ekuivalen penyearah CT**

$L_{Ks1}$	$L_{Ks2}$	$C_{j1}$	$C_{j2}$
12mH	5,4 mH	12,8nF	21 nF

Nilai-nilai tersebut ditambah dengan nilai parameter trafo sisi primer disimulasikan dengan bantuan software PSIM 5.0.3. Hasil simulasi dapat disajikan pada Gambar 18.



**Gambar 18. Rangkaian ekuivalen resonant trafo dengan penyearah CT**



**Gambar 19. Hasil AC Sweep resonant penyearah jembatan penuh pada software PSIM**

Dari Gambar 19, grafik diatas terlihat puncak ada di 6,7 kHz. Frekuensi tersebut sudah mendekati nilai frekuensi resonansi perhitungan dan simulasi yaitu 6,7 kHz. Hal tersebut menunjukkan bahwa puncak resonan ada di sekitar frekuensi tersebut. Arus yang besar menunjukkan nilai  $X_L = X_C$ . Arus yang besar tersebut membuat tegangan masukan  $V_{in}$  menjadi turun.

### 3.4 Pengujian Keluaran Ozon

Pada saat pengujian ozon, digunakan beberapa alat ukur diantaranya stopwatch, thermogun, multimeter dan ozone meter. Berdasarkan pengukuran didapatkan data tabel berikut :

**Tabel 7. Tabel pengujian keluaran ozon**

No	Variasi	Vout (V)	Ozon (ppm)	Waktu (sekon)	Suhu mosfet (°C)
1	Jembatan Penuh	5600	0,03	60	36
			0,04	180	35,5
2	Gelombang Penuh dengan CT	1800	0,00	60	37,5
			0,00	180	39

Berdasarkan data diatas dapat disimpulkan bahwa keluaran penyearah jembatan penuh lebih efisien dibandingkan penyearah dengan CT. Hal ini disebabkan tegangan keluaran penyearah jembatan penuh memiliki tegangan keluaran yang lebih tinggi karena rasio lilitan trafonya lebih banyak. Semakin tinggi tegangan maka semakin tinggi medan listrik yang dihasilkan antara dua elektroda. Berikut tampilan indikator pada ozonemeter.



**Gambar 20 (a) Hasil ozonemeter yang tidak mendeteksi adanya ozon (0,00 ppm) pada penyearah dengan center tap**

**(b) Hasil ozonemeter yang mendeteksi adanya ozon (0,04 ppm) pada penyearah fullbridge**

## 4. Kesimpulan

Konverter resonan mampu mengubah masukan tegangan searah dengan nilai 2 V sampai 20,6 V menjadi tegangan tinggi searah 5,5 kV pada penyearah jembatan penuh dan menjadi tegangan tinggi searah 2 kV pada penyearah CT. Resonansi simulasi cukup mendekati resonansi pengukuran, dimana frekuensi resonansi pengukuran penyearah jembatan penuh 7,1 kHz dan perhitungan simulasi 7,183 kHz. Frekuensi pengukuran resonansi penyearah CT 6,7 kHz dan perhitungan simulasi 6,7 kHz.

Komponen parasitik trafo dengan penyearah cukup mempengaruhi titik puncak resonansi. Resonansi penyearah jembatan penuh bergeser akibat kapasitansi trafo di sisi sekunder. Resonansi trafo penyearah CT bergeser karena dipengaruhi komponen parasitik yang terdiri dari induktansi leakage sekunder trafo, kapasitansi sekunder trafo, dan kapasitansi junction dioda penyearah yang cukup besar nilainya.

## Referensi

- [1] McLyman. WM . T., Transformer And Inductor Handbook, Marcell Decker Inc, 2004
- [2] Johnson. S. D, A Comparison Of Resonant Topologies in High Voltage DC Applications, University of Colorado, 1987
- [3] S-Y. Tseng,et al, 10 kV Voltage Generator with LLC Resonant Circuit for Sterilizing Microbe Applications, IEEE, 2009
- [4] C- Yong Nong , et al, Design of Plasma Generator Driven by High-frequency High - voltage Power Supply, Jouarnal Apllied reasearch and technology, 2013
- [5] Ki-Bum Park, et al,Analysis on Center Tap Rectifier Voltage Oscillation of LLC Resonant Converter,IEEE Transactions On Power Electronics,Vol 27 No.6, 2012
- [6] Ahmed. Ashfaq, Power Electronic For technology, Pearson Education, India, 1999
- [7] Sen. PC , Power Electronic , Pratince hall
- [8] Tobing. Bonggas L, *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*, PT.Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2003
- [9] Rhasid. M, Power Electronic Handbook, Academic Press, Canada, 2001
- [10] Kuffel. E and Zeangl. W.S , *High Voltage Engineering Fundamental*, Pergamon Press, 2000
- [11] Astuti. Budi, Pengantar Teknik Elektro, Graha Ilmu, 2011
- [12] Bueche. Frederick J, Hecht, Eugene., Fisika Universitas Schaum's Outlines., Edisi kespuleuh, 2006
- [13] *Datasheet IC 4047, Fairchild semiconductor, 1987*
- [14] Chinga. Raul Andres, Self-Tuning High Voltage High Frequency Switching Power Amplifier for Atmosphoric-Based Plasma Sterilizaton.,IEEE Transactions of Plasma Science.,2015
- [15] D. Ebing and S. D Gammon, General Chemistry, Enhanced 9th Edition, 2009
- [16] A. Suksri. et al, A Comparative Study On Suitable High Voltage Source For Ozone Generation
- [17] S. Jodpimai et al, Dielectric barrier discharge ozone generator using aluminum granules electrodes, Journal of Electrostatics 108-114, 2015
- [18] Huang. Hong., Designing an LLC resonant Half Bridge Power Converter, Texas Instrument.2011
- [19] Edminister. Joseph and Nahvi. Mahmood, Rangkaian Listrik Schaum's Series Edisi keempat, Mc- Graw Hill, 2003
- [20] McClusky, et al, High Voltage Self-Tracking Current-Fed Converter,California Polytechnic State University,2012