

PERANCANGAN INVERTER JEMBATAN PENUH DENGAN RANGKAIAN PASIF LC BEBAN PARALEL

Nugroho Utomo^{*)}, Mochammad Facta, and Agung Nugroho

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

^{*)}Email : nugroho.utomo.72@gmail.com

Abstrak

Dalam rangkaian elektronika daya kita tidak pernah lepas dari transformator, baik untuk menaikkan tegangan maupun untuk menurunkan tegangan, tetapi transformator memiliki beberapa kekurangan seperti kerugian tembaga, kerugian kopling, kerugian kapasitas liar, kerugian histerisis, kerugian efek kulit, kerugian arus eddy. Untuk mengatasi hal ini maka dalam penelitian ini akan diteliti penggunaan rangkaian pasif LC beban paralel sebagai pengganti fungsi transformator, yakni sebagai penaik tegangan. Untuk merealisasikan tujuan diatas maka dirancang catu daya yang tersusun atas Inverter Jembatan Penuh dengan rangkaian pasif LC beban paralel. Inverter Jembatan Penuh frekuensi tinggi menggunakan MOSFET yang dikendalikan oleh rangkaian kontrol IC TL 494. Tegangan AC jala jala akan disearahkan melalui rangkaian penyearah gelombang penuh. Hasil penyearah berupa tegangan DC diubah menjadi tegangan AC frekuensi tinggi melalui inverter. Inverter inilah yang akan mensuplai rangkaian pasif LC beban paralel. Penguatan tegangan keluaran inverter terjadi pada rangkaian pasif LC beban paralel, sehingga pada komponen R yang menjadi beban dapat diukur terjadinya kenaikan tegangan keluaran yang signifikan dibandingkan tegangan masukan. Berdasarkan pengujian, rangkaian inverter jembatan penuh rangkaian pasif LC beban paralel yang dapat menaikkan tegangan dari 12 Volt DC menjadi 372 Volt AC dengan daya masukan 43,98 Watt dengan frekuensi operasi 20,4 kHz. Efisiensi rata-rata inverter adalah 86,2%.

Kata kunci: transformator, rangkaian pasif LC beban paralel, inverter jembatan penuh

Abstract

Power electronics circuit is never separated from transformer, whether it is for increasing or decreasing the voltage, but transformer has some weaknesses such as copper loss, clutch loss, wild capacity loss, hysteresis loss, skin effect loss, and eddy current loss. To overcome the problem in transformer, then in this research we will research the use of parallel load LC passive circuit as the substitute of transformer function which role is increasing the voltage. To realize the purpose above the it will be designed power supply which consists of full bridge inverter with parallel load LC passive circuit. High frequency full bridge inverter uses MOSFET which is controlled by IC TL 494 control circuit. The AC voltage of nets will be rectified by full wave rectifier circuit. The result is DC voltage which is changed into high frequency AC voltage by inverter. The inverter will supplied parallel load LC passive circuit. The voltage gain of output voltage occurs on parallel load LC passive circuit, so that at the component that take part as a load, it can be measured the significant increasing of output voltage compared to the input voltage. Based on the test, parallel load LC passive circuit full bridge inverter can increase the voltage from 12 volt DC to 372 volt AC when input power is 43,98 watt and operation frequency is 20,4 kHz the average efficiency is 86,2%.

Keyword: transformator, full load LC passive circuit, full bridge inverter

1. Pendahuluan

Dalam rangkaian elektronika daya kita biasa mengenal konverter DC-AC, AC-DC yang kemudian digabungkan dengan transformator, baik untuk menaikkan tegangan maupun untuk menurunkan tegangan, tetapi transformator memiliki banyak kekurangan diantaranya yaitu kerugian tembaga, kerugian kopling, kerugian kapasitas liar,

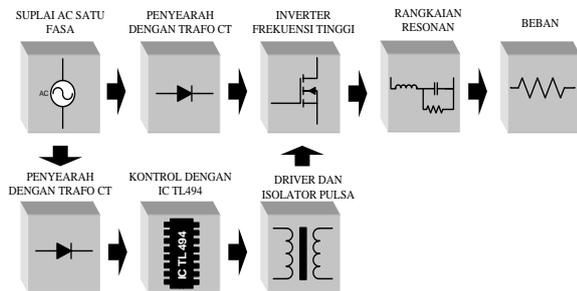
kerugian histerisis, kerugian efek kulit, kerugian arus eddy.

Tujuan penelitian pada penelitian ini adalah membuat rangkaian penaik tegangan yang bertujuan untuk menggantikan fungsi dari transformator yang memiliki fungsi sebagai penaik tegangan. Proses penaik tegangan membutuhkan frekuensi tinggi sehingga dibutuhkan catu

daya yang digunakan untuk rangkaian Inverter Jembatan Penuh dengan rangkaian pasif LC beban paralel tersebut. Yang memiliki keunggulan tidak ada rugi histerisis, arus eddy, kopling, kapasitas liar.

2. Metode

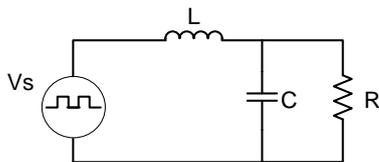
Perancangan filter seri-paralel *inverter* frekuensi tinggi ini tersusun dari beberapa blok utama yaitu sumber tegangan AC, sumber tegangan DC, rangkaian kontrol pemicuan (suplai 12 V_{DC}, IC dan driver), rangkaian *inverter*, rangkaian resonan, dan beban. Gambar 1 adalah diagram blok perancangan perangkat keras:



Gambar 1. Blok diagram perancangan alat

2.1. Perancangan Rangkaian Pasif LC Beban Paralel

Didalam buku Power Electronics Circuits, Devices, and Applications^[1], terdapat pembahasan tentang respon frekuensi terhadap kenaikan tegangan. Pada Gambar 2 adalah rangkaian ekuivalen rangkaian pasif beban paralel. Di dalam rangkaian pasif beban paralel ini terdapat suatu persamaan yang tujuannya mengetahui respon frekuensi dari rangkaian ekuivalen diatas.:



Gambar 2. Rangkaian ekuivalen filter seri-beban paralel

Dengan menggunakan hukum kirchoff, maka dari rangkaian ekuivalen diatas didapat suatu persamaan penguat tegangan sebagai berikut

$$|G| = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{-\omega^2 L \cdot C + \frac{j\omega L}{R} + 1}$$

Didalam penelitian ini, nilai induktor yang akan direncanakan memiliki nilai 0,38 mH. Perencanaan frekuensi maksimal untuk menaikkan tegangan terletak

pada titik 21 kHz. Maka didapat nilai kapasitor yang akan direncanakan adalah

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$21 \text{ kHz} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times \sqrt{0,38 \times 10^{-3} \cdot C}}$$

Maka didapat nilai C sebesar

$$C = 151,3 \text{ nF}$$

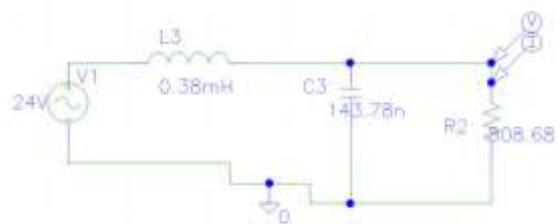
Jika komponen ini disamakan dengan yang tersedia dipasaran, maka ditemukan kapasitor dengan nilai 143,78 nF dengan tegangan maksimal 3 kV. Maka nilai ini yang akan digunakan dalam perencanaan pembuatan rangkaian pasif beban paralel ini. Pergantian nilai kapasitor perhitungan dengan pencocokan yang tersedia dipasaran menyebabkan terjadinya pergeseran nilai frekuensi yang ideal dalam rangkaian filter ini. Dengan memasukan nilai kapasitor dan induktor kembali ke persamaan diatas maka akan didapat frekuensi penguat tegangan.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,38 \times 10^{-3} \times 143,78 \times 10^{-9}}}$$

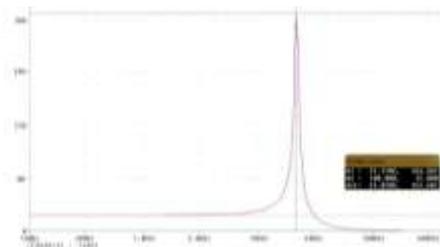
Maka didapat frekuensi penguat tegangan pada titik 21,5 kHz. Sebelum melakukan pembuatan perangkat keras, maka dilakukan simulasi sebagai acuan dalam pembuatan rangkaian pasif beban paralel ini.

2.2 Simulasi Perancangan Rangkaian Pasif LC Beban Paralel

Untuk mengetahui karakteristik dan frekuensi respon dari sebuah filter seri-paralel, dibutuhkan suatu simulasi dengan software PSpice. Berikut adalah rangkaian seri-paralel dan hasil simulasi dengan komponen R=808,68 Ohm, L=0,38 mH dan C=143,78 nF.



Gambar 3. Rangkaian pasif LC beban paralel dengan menggunakan Pspice



Gambar 4. Grafik hasil simulasi dengan menggunakan Pspice

Dari Gambar 4 dapat dilihat, bahwa rangkaian pasif LC beban paralel terdapat satu puncak penguat tegangan yaitu pada titik frekuensi 21,5 kHz dengan tegangan 200 Volt. Dengan perubahan frekuensi yang berbeda maka akan didapatkan tegangan yang berbeda

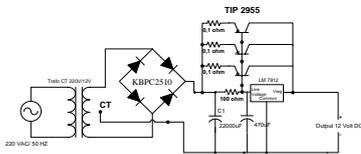
2.3 Perancangan Blok Rangkaian Inverter Frekuensi Tinggi

2.3.1 Sumber AC 1 fasa

Sumber tegangan yang digunakan adalah tegangan AC 1 fasa yang berasal dari jala-jala PLN dengan tegangan 220 V_{AC} dan frekuensi 50 Hz. Tegangan ini kemudian diturunkan menjadi 25 V_{AC} dengan trafo penurun tegangan sebagai sumber tegangan *inverter* frekuensi tinggi. Tegangan ini relatif rendah karena penelitian ini hanya membuktikan bahwa rangkaian filter ini dapat menaikkan tegangan.

2.3.2 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh

Suplai tegangan masukan *inverter* frekuensi tinggi didapat dengan menurunkan tegangan dengan sebuah trafo penurun tegangan lalu diberi *diode bridge* untuk mengubah AC ke DC, kapasitor digunakan menghilangkan *ripple* tegangan.

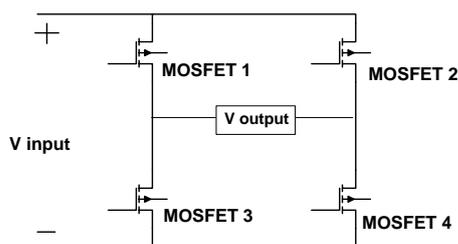


Gambar 5. Rangkaian penyearah gelombang penuh

Penyearah ini menggunakan masukan 12 V_{AC} dirubah menjadi 12 V_{DC} dengan menggunakan *diode bridge* KBPC2510. Fungsi pemasangan dua buah kapasitor dengan kapasitas 2200µF/50 volt dan 470µF/50 adalah untuk menghilangkan ripple sehingga menjadi DC murni.

2.3.3 Rangkaian Inverter Jembatan Penuh

Inverter yang digunakan adalah tipe jembatan penuh . Inverter memiliki kestabilan tegangan yang cukup baik karena tegangan masukan sama dengan tegangan keluaran.



Gambar 6. Rangkaian inverter tipe jembatan penuh

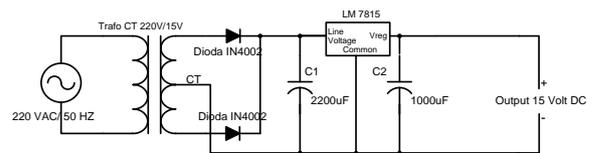
Yang perlu diperhatikan dalam pemilihan MOSFET untuk inverter adalah tegangan kerja dan arus kerja. Tegangan masukan inverter sebesar 12 Volt dan arus kerja 4,5 Ampere. Maka MOSFET yang digunakan adalah IRFP460. Berikut adalah spesifikasi dari MOSFET IRFP460

- Drain – source breakdown Voltage (V_{DS}) : 500 V
- Gate – source breakdown Voltage (V_{GS}) : ±20 V
- Gate – threshold Voltage : 2 – 4 V
- Drain current (I_D) : 20 A

2.4 Perancangan Rangkaian Kontrol Pemicuan

2.4.1 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa dengan Center Tap

Rangkaian penyearah ini berguna untuk mensuplai tegangan masukan IC TL494 dan kipas DC sebesar 15 V_{DC}. Berikut adalah gambar rangkaian penyearah gelombang penuh satu fasa center tap dengan menggunakan regulator tegangan.

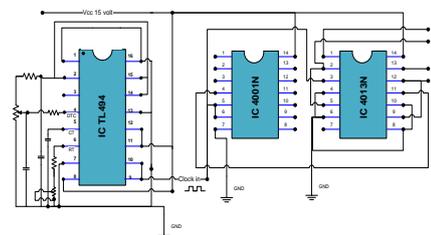


Gambar 7. Rangkaian penyearah gelombang penuh satu fasa dengan center tap

Penyearah ini menggunakan sumber 15V_{AC} yang disearahkan menggunakan 2 dioda 1N4002 menjadi 21,21 Volt, kemudian keluaran tegangan tersebut difilter menggunakan kapasitor 2200µF/50 Volt dan 1000 µF/50 Volt. Untuk menstabilkan 15 V_{DC} digunakan LM7815.

2.4.2 Rangkaian Kontrol IC TL494

Rangkaian kontrol IC TL494 ini berguna untuk memicu gate pada MOSFET inverter. Gambar 10 adalah perancangan rangkaian kontrol ICTL494.



Gambar 8. Rangkaian kontrol IC TL494

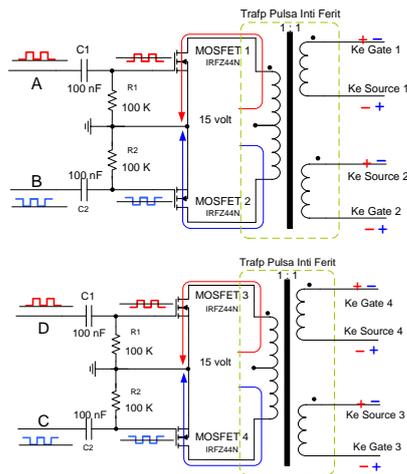
Untuk menentukan nilai frekuensi, resistor dan kapasitor maka digunakan persamaan berikut ini;

$$f = \frac{1}{4,4 \times R \times C}$$

Dari persamaan diatas kerja frekuensi IC ini berkisar 4,8 kHz- 115 kHz , kapasitor 1 nF, resistor 2200 Ohm dan resistor variabel 50 kOhm.

2.4.3 Rangkaian Trafo Isolator (Trafo Pulsa)

Rangkaian trafo isolator digunakan sebagai pelindung dari rangkaian kontrol dan rangkaian daya inverter. Gambar 9 adalah gambar rangkaian trafo isolator



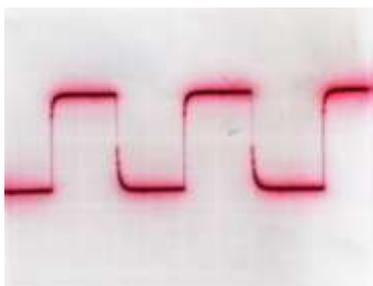
Gambar 9. Rangkaian trafo isolator pulsa

Rangkaian ini terdiri dari dua rangkaian, rangkaian driver dan trafo isolator pulsa. Rangkaian driver digunakan sebagai penguat sinyal keluaran IC TL494 dengan menggunakan kapasitor 100nF, resistor 100k dan MOSFET IRF44N. Trafo isolator dibuat dua bagian primer dan sekunder dengan jumlah lilitan yang sama sehingga dapat menghasilkan tegangan pemicuan yang sama dengan disisi primer.

3. Hasil dan Analisa

3.1 Bentuk Gelombang Rangkaian Kontrol Pemicuan

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan osiloskop digital KENWOOD CS – 4125. Gambar dibawah ini adalah gelombang keluaran dari rangkaian kontrol pemicuan yang diukur pada keluaran trafo isolator pulsa.



Gambar 10. Gelombang keluaran rangkaian kontrol pemicuan

Dari gelombang keluaran tersebut dapat dihitung frekuensi dan tegangan sebagai berikut

$$T = 4 \times 20 \mu / \text{div} = 80 \mu \text{s}$$

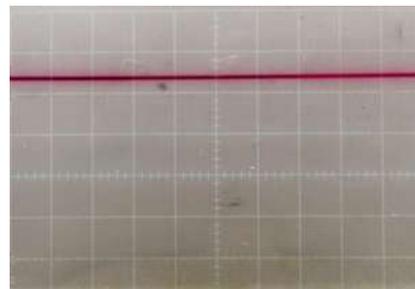
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{80 \times 10^{-6}} = 12,5 \text{ kHz}$$

$$V_{pp} = 3 \times 15 \text{ V} / \text{div} = 15 \text{ Volt}$$

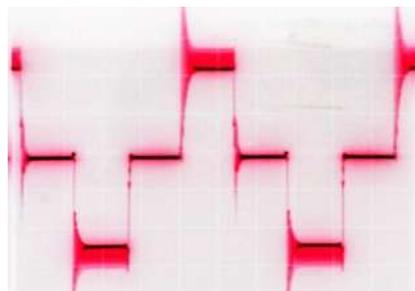
Frekuensi yang terukur sebesar 12,5 kHz dan tegangan V_{pp} 15 Volt. Tegangan ini akan digunakan untuk pemicuan MOSFET IRFP460 yang memerlukan $V_{GS} \pm 20$ Volt.

3.2 Bentuk Gelombang Rangkaian Inverter

Bentuk gelombang rangkaian inverter diukur pada titik masukan dan keluaran inverter. Gambar 13 dan 14 adalah hasil gelombang keluaran tegangan masukan dan tegangan keluaran inverter tipe jembatan penuh.



Gambar 11. Gelombang keluaran masukan inverter



Gambar 12. Gelombang keluaran inverter tipe jembatan penuh

Pada Gambar 11 diatas dapat dilihat bahwa besarnya tegangan masukan inverter adalah 2,4 div dengan skala 5 V/div sehingga tegangan sebenarnya adalah

$$V_{DC} = 2,4 \times 5 \text{ V} / \text{div} = 12 \text{ Volt}$$

Sedangkan Gambar 12 keluaran inverter yang terukur pada osiloskop sebesar

$$V_{pp} = 6,4 \times 0,5 \text{ V} / \text{div} \times 10 = 32,4 \text{ Volt}$$

$$V_m = \frac{V_{pp}}{2} = \frac{32,4}{2} = 16,2 \text{ Volt}$$

Seharusnya tegangan masukan inverter dan keluaran memiliki nilai yang sama, tetapi dalam pengukuran

berbeda. Hal ini disebabkan adanya rugi-rugi switching yang terjadi pada rangkaian inverter.

3.3 Analisis Keluaran Rangkaian Pasif Beban Paralel

Rangkaian ini diletakan setelah inverter tipe jembatan penuh, sehingga masukan Rangkaian Pasif LC Beban Paralel ini adalah keluaran dari inverter. Dalam pengujian filter ini digunakan alat ukur osiloskop GW INSTEK GOS - 2104. Data yang diambil berupa pengaruh duty cycle terhadap tegangan, penguatan tegangan dan THD. Tabel 1 adalah hasil data perbandingan pengaruh duty cycle terhadap tegangan.

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa tegangan maksimal yang terukur pada duty cycle maksimum dan $f_r = f_0$ adalah 372 Volt di frekuensi 20,4 kHz.

a. Pengaruh Duty Cycle terhadap tegangan

Tabel 1. Perbandingan pengaruh *duty cycle* terhadap tegangan

Duty Cycle	$f_o > f_r$	$f_o = f_r$	$f_o < f_r$
25%	84 Volt	177 Volt	91,8 Volt
50%	126 Volt	272 Volt	189 Volt
96%	220 Volt	372 Volt	267 Volt

b. Penguat tegangan

Didalam penguat tegangan ini dibandingkan hasil pengukuran dan perhitungan. Hasil pengukuran sudah dapat dilihat pada Tabel 2. Berikut adalah analisis hasil perhitungan

Tabel 2. Perbandingan penguatan tegangan perhitungan dan pengukuran

Frekuensi (kHz)	Pengukuran (volt _{rms})	Perhitungan (volt _{rms})
10	19,2	15,3
11	21,1	16,2
12	22,1	17,4
13	26,3	18,8
14	31,2	20,7
15	37,5	23,2
16	59,9	26,6
17	77	31,6
18	95,4	39,2
19	188	52,6
20	253	80,6
20,5	372	108,7
21	300	156,2
21,5	230,2	199,9
22	157	160,4
23	105	78,0
24	64	48,0
25	57,2	33,9
26	42,3	26,0
27	32,6	20,8
28	29,3	17,3
29	22,7	14,7
30	18,1	12,7

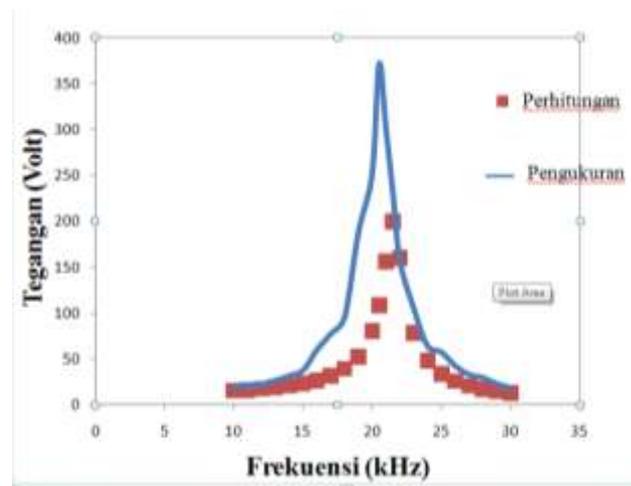
$$V_{rms} = \frac{16,2}{\sqrt{2}} = 11,5 \text{ Volt}$$

Maka masukan rangkaian pasif LC beban paralel sebesar 11,5 Volt, dengan komponen RLC yang terukur adalah

- Resistor = 856,46 Ohm
- Kapasitor = 143,78 nF
- Induktor = 0,38 mH

Dengan memasukan nilai-nilai diatas ke persamaan penguat tegangan seri-paralel, maka didapat hasil seperti pada Tabel 2. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa tegangan maksimal yang terukur pada sebesar 199,9 Volt pada saat frekuensi 20,54 kHz.

Dari tabel diatas didapat grafik sebagai berikut



Gambar 13. Grafik perbandingan pengukuran dan perhitungan tegangan

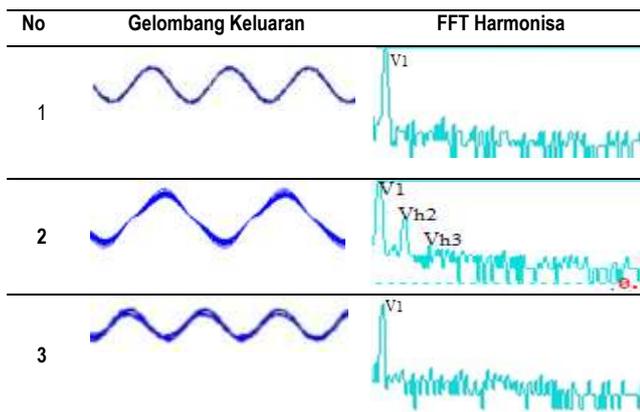
Dari Gambar 13 terlihat perbedaan antara tegangan keluaran pengukuran dan perhitungan maupun puncak frekuensi resonannya. Perbedaan nilai tegangan perhitungan dan pengukuran ini terjadi karena disebabkan oleh beberapa hal yaitu

- Dalam pembuatan alat ini banyak terjadi rugi-rugi sehingga mendapatkan nilai yang berbeda dari perhitungan.
- Pada perhitungan tegangan keluaran, tidak memperhitungkan nilai tegangan harmonisa yang terjadi, tetapi pada alat ukur (*oscilloscope*) hal itu ikut diperhitungkan.
- Pada komponen induktor tidak hanya terdapat nilai induktif, tetapi juga memiliki nilai kapasitif dan resistif
- Pada komponen kapasitor tidak hanya terdapat nilai kapasitif, tetapi juga memiliki nilai induktif dan resistif
- Pada komponen resistor (beban) memiliki efek *skin effect* yaitu terjadinya perubahan nilai resistansi menjadi lebih besar sesuai dengan kenaikan frekuensi

Hal-hal tersebut yang menjadi penyebab pergeseran nilai tegangan dan frekuensi antara perhitungan dengan pengukuran.

Selain filter ini berfungsi sebagai penaik tegangan, rangkaian ini juga dapat memperbaiki gelombang harmonisa yang dihasilkan oleh inverter jembatan penuh. Berikut adalah tabel gelombang keluaran dan FFT harmonisa yang terjadi pada $f_o=f_r$, $f_o < f_r$, dan $f_o > f_r$.

Tabel 3. Data gelombang keluaran dan FFT Harmonisa



- Data pertama adalah gelombang pada saat terjadi pada $f_o=f_r$ dengan frekuensi 20,4 kHz memiliki nilai harmonisa 0%.
- Data kedua adalah gelombang pada saat terjadi pada $f_o < f_r$ dengan frekuensi 10,5 kHz memiliki nilai harmonisa 68%.
- Data ketiga adalah gelombang pada saat terjadi pada $f_o > f_r$ dengan frekuensi 21,34 kHz memiliki nilai harmonisa 0%.
- harmonisa 68%.
- Data ketiga adalah gelombang pada saat terjadi pada $f_o > f_r$ dengan frekuensi 21,34 kHz memiliki nilai harmonisa 0%.

c. Efisiensi (%)

Efisiensi ini dihitung dengan daya masukan inverter dan daya keluaran filter seri-paralel

Tabel 4. Data pengukuran daya masukan dan keluaran

	Input	Output
V	11,5 Volt	372 Volt
I	4,6 Ampere	0,12 Ampere
cos φ		1

Dari Tabel 4 didapat nilai daya dengan memasukan nilai tersebut ke dalam persamaan berikut ini :

Dari Tabel 4 didapat nilai daya dengan memasukan nilai tersebut ke dalam persamaan berikut ini :

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

$$P_{In} = 11,5 \times 4,6$$

$$P_{In} = 51,9 \text{ Watt}$$

$$P_{Out} = 372 \times 0,12 \times 1$$

$$P_{Out} = 44,64 \text{ Watt}$$

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{P_{Out}}{P_{In}} \times 100 \%$$

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{44,64}{51,9} \times 100 \%$$

$$P = 86,2 \%$$

Rangkaian inverter jembatan penuh resonan beban paralel memiliki efisiensi sebesar 86,2% pada frekuensi resonan 20,4 kHz.

4. Kesimpulan

Hasil pengamatan yang dilakukan dengan menggunakan osiloskop, bahwa rangkaian pasif LC beban paralel menghasilkan bentuk gelombang bukan sinusoidal murni pada frekuensi 10,5 kHz sebesar 18,9 Volt dan memiliki bentuk gelombang sinusoidal murni pada frekuensi 20,4 kHz dan 21,34 kHz dengan tegangan sebesar 372 Volt dan 300 Volt yang berasal dari gelombang kotak yang dihasilkan oleh inverter jembatan penuh sebesar 11,5 Volt.

Analisis yang didapat pada rangkaian pasif LC beban paralel memiliki karakteristik gelombang penguat tegangan tertinggi pada frekuensi 20,4 kHz. Sedangkan pada perhitungan terjadi pada frekuensi 21,5 kHz.

Perbedaan nilai perhitungan dan pengukuran disebabkan adanya efek *skin effect*, rugi-rugi yang terjadi pada rangkaian, perubahan nilai induktor, kapasitor dan resistor.

Efisiensi rangkaian inverter jembatan penuh dengan rangkaian pasif LC beban paralel adalah 86,2 %.

Untuk pengembangan lebih lanjut, maka diberikan saran yaitu Penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan membuat sistem kontrol *close loop* pada rangkaian pemicuannya. Jika menginginkan daya yang lebih besar maka dapat digunakan komponen pensaklaran IGBT. Penelitian ini juga dapat dikembangkan menjadi aplikasi tegangan tinggi .

Referensi

[1]. -----, *Komponen Elektronika*, http://p_musa.staff.gunadarma.ac.id/: (diakses 20 Maret 2013 jam 13:51)

[2]. M. Rashid, *Power Electronics Circuit, Device, and Application 3rd*, Prentice-Hall of India, 2004.

[3]. Zuhail, *Dasar Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, Gramedia, 1995.

[4]. M. Rashid, *Power Electronics Handbook*. Academic Press. Canada.2001

- [5]. Ariwibowo, Cahyo, *Perancangan Inverter Dual Conversion Push-Full Bridge Pada Aplikasi Fotovoltaik*. Universitas Diponegoro. 2011.
- [6]. Dwi Praditya, Bagas, *Perancangan Inverter Dual Conversion Full Bridge-Full Bridge pada Aplikasi Fotovoltaik*. Universitas Diponegoro. 2011.
- [7]. ---, TL494 Datasheet, <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/5775/MOTOROLA/TL494.html>. (diakses 20 Maret 2013 jam 7:25:37 AM)
- [8]. Balogh Laszlo, *Design And Application Guide For High Speed MOSFET Gate Drive Circuits*.
- [9]. Pratama. Pandu Sandi, Agung Warsito, Karnoto, *Perancangan Inverter Resonan Seri Frekuensi Tinggi Sebagai Suplai Pemanas Induksi Pada Alat Pemanas Bearing*, Universitas Diponegoro, 2010
- [10]. Nugraha. Alberth Z, Agung Warsito, Abdul Syakur, *Perancangan Modul Inverter Frekuensi Tinggi Sebagai Pemanas Induksi Untuk Aplikasi Pengering Pakaian*, Universitas Diponegoro, 2010.
- [11]. Kazimierczuk Marian K, Czarkowski Darius, *Resonant Power Converter*, John Wiley and Sons, Inc.
- [12]. M. Rashid, *Power Electronics Circuit, Device, and Application 3rd*, Prentice-Hall of India, 2004.
- M. Rashid, *Power Electronics Circuit, Device, and Application 2nd*, Prentice-Hall International Inc, 1988.