

ANALISIS FILTER SERI-PARALEL DALAM RANGKAIAN INVERTER FREKUENSI TINGGI PENAIK TEGANGAN

Alvian Dwi Hendrawan^{*)}, Agung Warsito, and Mochammad Facta

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

^{*)}Email : vhian79@gmail.com

Abstrak

Filter merupakan salah satu jenis teknologi elektronika daya memiliki fungsi untuk menyaring keluaran gelombang yang dihasilkan oleh proses switching dari sebuah inverter. Sehingga Total Distortion Harmonic menjadi berkurang. Filter memiliki kombinasi rangkaian R, L dan C yang secara teoritik dapat digunakan juga dapat berguna sebagai penaik tegangan^[1]. Didalam tugas akhir ini, dilakukan sebuah analisis tentang aplikasi rangkaian filter sebagai penguat tegangan. Filter dengan kombinasi seri- paralel mengubah gelombang tegangan yang dihasilkan oleh inverter frekuensi tinggi jenis jembatan penuh. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa rangkaian filter RLC seri-paralel ini memiliki dua penguat tegangan terbesar, tegangan 135 Volt at 13,03 kHz dan 162 Volt at 35,54 kHz . Tegangan keluaran ini diperoleh dari masukan tegangan 32 Volt. Inverter ini memiliki efisiensi 70,59%. Rangkaian ini juga dapat memperbaiki THD dari 99% menjadi 0% pada frekuensi 35,54 kHz.

Kata kunci : filter, inverter frekuensi tinggi, seri-paralel, penaik tegangan, THD

Abstract

Filter is one type of power electronic technology which has function to refine wave output produced by switching process in inverter. So that the Total Distortion Harmonic became reduced. Filter which are composed from combination of R, L and C circuit which is theoretically also useful as voltage gain^[1]. In this final assignment, the analysis is carried out for the application filter circuit as gain voltage. A series-parallel combination is used to convert voltage wave from produced by high frequency fullbridge inverter. The experimental result shows that RLC circuit filter seri-paralel has two maximum gain voltage i.e. 135 Volt at 13,03 kHz and 162 Volt at 35,54 kHz . This output voltage is obtained from 32 Volt input voltage. Inverter has efficiency 70,53 %. Filter is also capable to reduce THD from 99 % to became 0% at frequency 35,54 kHz

Keywords : filter, inverter high frequency, gain voltage, THD

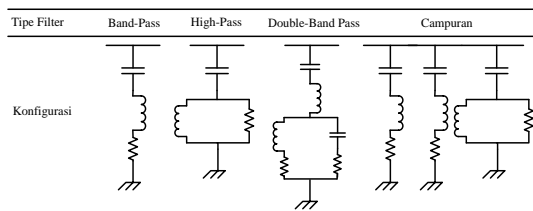
1. Pendahuluan

Inverter adalah sebuah teknologi elektronika daya yang merubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC). Teknologi ini bekerja dengan system teknik pensaklaran (*switching*), sehingga dari proses *switching* tersebut menimbulkan suatu gelombang keluaran yang terdistorsi. Oleh karena itu untuk mengatasi suatu gelombang yang terdistorsi tersebut dibutuhkan suatu teknologi yang memiliki fungsi memfilter atau memperbaiki gelombang tersebut, teknologi ini dinamakan filter.

Filter adalah suatu rangkaian yang berfungsi untuk mengambil/ melewati tegangan keluaran pada frekuensi tertentu yang diinginkan dan untuk melemahkan/ membuang ke *ground* tegangan keluaran

pada frekuensi tertentu yang tidak diinginkan. Filter pasif adalah filter yang tidak menggunakan power supplai (catu daya), yaitu dengan komponen R (Resistif), L (Induktif) dan C (Kapastif) .

Filter ini merupakan suatu rangkaian yang bekerja memanfaatkan sifat alami dari komponen-komponen pasif, terutama yaitu induktor (L) dan kapasitor (C).



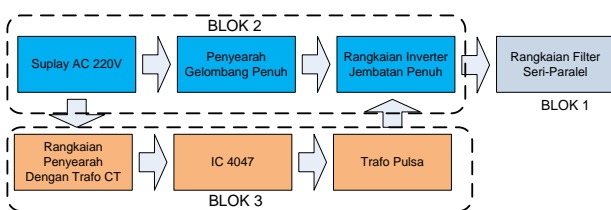
Gambar 1. Macam-macam Konfigurasi Filter

Filter pasif yang terbentuk oleh komponen R (resistif), L (induktif) dan C (kapastif) , memiliki berbagai macam konfigurasi rangkaian antara lain *band pass (single tune)*, *high pass* , *double band pass (double single tune)* dan campuran.^[8]

Dalam tugas akhir ini akan dibuat konfigurasi gabungan antara filter seri dan filter paralel. Filter pasif seri paralel memiliki fungsi sama dengan filter konfigurasi lainnya, yaitu untuk memfilter harmonisa berguna mengurangi amplitude satu atau lebih frekuensi dari sebuah tegangan. Gejala harmonisa ini disebabkan oleh beban non linear seperti penyearah dan inverter. Selain memiliki fungsi sebagai filter harmonisa, filter seri paralel ini memiliki fungsi sebagai penaik tegangan. Hal ini dapat terjadi diakibatkan adanya pengaturan frekuensi.

2. Metode

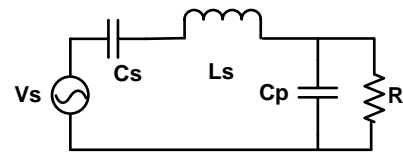
Perancangan filter seri-paralel *inverter* frekuensi tinggi ini tersusun dari beberapa blok utama yaitu sumber tegangan AC, sumber tegangan DC (*diodabridge*), rangkaian kontrol pemucuan (suplai 12 V_{DC}, IC dan driver), rangkaian *inverter*, dan filter. Gambar 2 adalah diagram blok perancangan perangkat keras:



Gambar 2. Blok Diagram Perancangan Alat

2.1. Perancangan Filter Seri-Paralel

Didalam buku Power Electronics Circuits, Devices, and Applications^[1], terdapat pembahasan tentang frekuensi respon filter seri-beban paralel. Pada Gambar 3 adalah rangkaian ekuivalen filter seri – beban paralel. Di dalam rangkaian filter seri-beban paralel ini terdapat suatu persamaan yang tujuannya mengetahui frekuensi respon dari rangkaian ekuivalen diatas.:

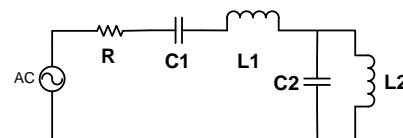


Gambar 3. Rangkaian Ekuivalen Filter Seri-Beban Paralel

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

$$G(j\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1 + \frac{C_p}{C_s} - \omega^2 LC_p + \frac{j\omega L}{R} - j/(\omega CR)}$$

Pada tugas akhir ini dibuat filter dengan acuan seperti yang dijelaskan filter jenis seri dengan beban paralel dan tugas akhir ini dibuat seperti yang tertera pada Gambar 4 dibawah ini :



Gambar 4. Filter Seri-Paralel

Pada rangkaian Gambar 4 dibuat rangkaian seri (resistor, kapasitor, induktor) dan paralel (kapasitor dan induktor). Pada rangkaian yang dibuat dengan nilai yang sama antara C₁-C₂ dan L₁-L₂. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kesalahan dalam pemasangan rangkaian filter tersebut. Pemakaian resistor yang terhubung seri ini dipasang dengan mengurangi tegangan penguat yang dihasilkan.

Dengan menggunakan aturan pembagi tegangan dalam frekuensi domain, maka gain tegangan diperoleh dari rumus:

$$G(j\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{jR(\omega C - \frac{1}{\omega L}) - (\omega^2 LC + \frac{1}{\omega^2 LC}) + 3} \quad (1)$$

$$Z_{total} = R + j \left(\frac{-\omega L}{\omega^2 LC - 1} + \frac{\omega^2 LC - 1}{\omega C} \right) \quad (2)$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{2,62}{LC}} \text{ dan } \omega_2 = \sqrt{\frac{0,38}{LC}} \quad (3)$$

Didalam tugas akhir ini, nilai induktor yang akan direncanakan memiliki nilai 0,78 mH. Perencanaan frekuensi maksimal untuk memfilter terletak pada titik 40 kHz. Maka didapat nilai kapasitor yang akan direncanakan adalah

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2,62}{LC}}$$

$$40 \text{ kHz} = \frac{1}{2 \times 3,14} \sqrt{\frac{2,62}{0,78 \times 10^{-3} \times C}}$$

Maka didapat nilai C sebesar :

$$C = 53,23 \text{ nF}$$

Jika komponen ini disamakan dengan yang tersedia dipasaran, maka ditemukan kapasitor dengan nilai 52 nF dengan tegangan maksimal 1,8 kV. Maka nilai ini yang akan digunakan dalam perencanaan pembuatan filter seri-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 (3) maka akan didapat frekuensi penguat tegangan.

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2,62}{LC}} \text{ dan } f_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{0,38}{LC}}$$

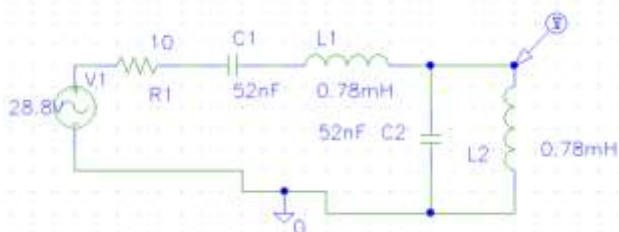
$$f_1 = \frac{1}{2 \times 3,14} \sqrt{\frac{2,62}{0,78 \times 10^{-3} \times 52 \times 10^{-9}}} = 40,5 \text{ kHz}$$

$$f_2 = \frac{1}{2 \times 3,14} \sqrt{\frac{0,38}{0,78 \times 10^{-3} \times 52 \times 10^{-9}}} = 15,4 \text{ kHz}$$

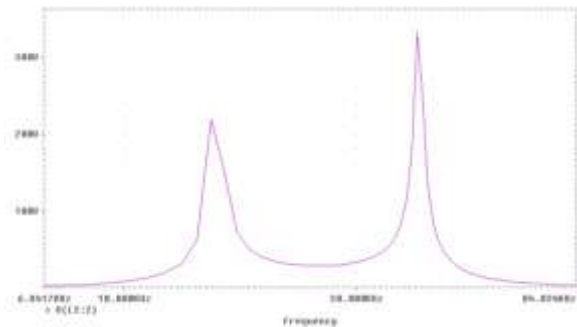
Maka didapat frekuensi penguat tegangan pada titik 15,4 kHz dan 40,5 kHz. Sebelum melakukan pembuatan perangkat keras, maka dilakukan simulasi sebagai acuan dalam pembuatan filter seri-paralel ini.

2.2 Simulasi Perancangan Filter

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=10, L=0,78mH dan C=53nF.



Gambar 5. Rangkaian Filter Seri - Paralel dengan Menggunakan PSpice



Gambar 6. Grafik Hasil Simulasi dengan Menggunakan PSpice

Dari Gambar 6 dapat dilihat, bahwa rangkaian filter seri-paralel terdapat dua puncak penguat tegangan yaitu pada titik frekuensi 15,1 kHz dengan tegangan 218 Volt dan pada frekuensi 40,1 kHz dengan tegangan 331 Volt. Dengan perubahan frekuensi yang berbeda maka akan didapatkan tegangan yang berbeda

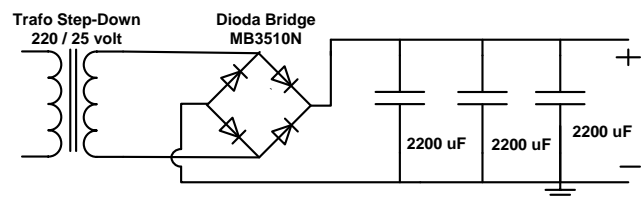
2.3 Perancangan Blok Rangkaian Inverter Frekuensi Tinggi

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 tugas akhir ini hanya membuktikan bahwa rangkaian filter ini dapat menaikkan tegangan.

2.3.2 Rangkaian Penyerah 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.

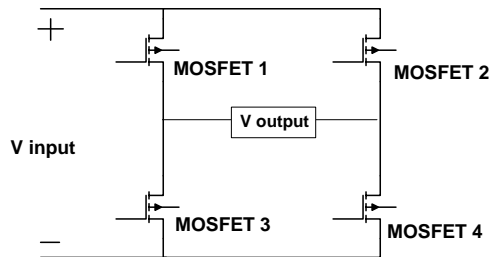


Gambar 7. Rangkaian Penyerah Gelombang Penuh

Penyerah ini menggunakan masukan 25 V_{AC} dirubah menjadi 35,35 V_{DC} dengan menggunakan diodebridge MB3510N. Fungsi pemasangan tiga buah kapasitor dengan kapasitas 2200µF/50 volt 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 8. Rangkaian Inverter Tipe Jembatan Penuh

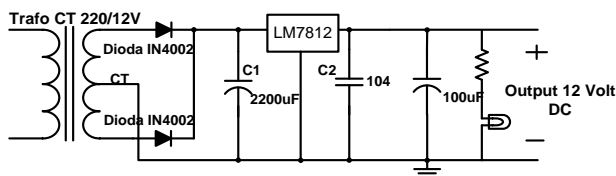
Yang perlu diperhatikan dalam pemilihan MOSFET untuk inverter adalah tegangan kerja dan arus kerja. Tegangan masukan inverter sebesar 35,35 Volt dan arus kerja 2,14 Ampere. Maka MOSFET yang digunakan adalah IRFP460. Berikut adalah spesifikasi dari MOSFET IRFP460 :

- 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 4047 dan kipas DC sebesar 12 V_{DC}. Berikut adalah gambar rangkaian penyearah gelombang penuh satu fasa center tap dengan menggunakan regulator tegangan.



Gambar 9. Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa dengan Center Tap

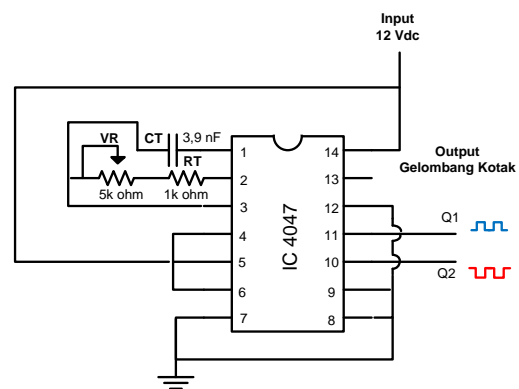
Penyearah ini menggunakan sumber 12V_{AC} yang disearahkan menggunakan 2 dioda 1N4002 menjadi 16,97 Volt, kemudian keluaran tegangan tersebut difilter menggunakan kapasitor 2200µF/35 Volt. Untuk menstabilkan 12 V_{DC} tegangan dengan menggunakan LM7812, kapasitor 104 F, memiliki fungsi untuk meningkatkan respon transien dan diberi rangkaian indikator berupa kapasitor 100µF, resistor dan LED.

2.4.2 Rangkaian Kontrol IC 4047

Rangkaian kontrol IC4047 ini berguna untuk memicu gate pada MOSFET inverter. Gambar 10 adalah perancangan rangkaian kontrol IC4047. Untuk menentukan nilai frekuensi, resistor dan kapasitor maka digunakan persamaan berikut ini;

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

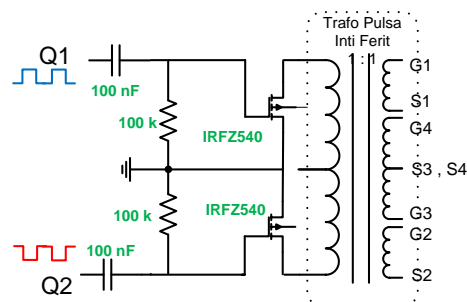
Dari persamaan (4) kerja frekuensi IC ini berkisar 9,7 kHz- 58,2 kHz , kapasitor 3,9 nF, resistor 1 kOhm dan resistor variabel 5 kOhm.



Gambar 10. Rangkaian Kontrol IC 4047

2.4.3 Rangkaian Trafo Isolator (Trafo Pulsa)

Rangkaian trafo isolator digunakan sebagai pelindung dari rangkaian kontrol dan rangkaian daya inverter. Gambar 11 adalah gambar rangkaian trafo isolator



Gambar 11. Rangkaian Trafo Isolator Pulsa

Rangkaian ini terdiri dari dua rangkaian, rangkaian driver dan trafo isolator pulsa. Rangkaian driver digunakan sebagai penguat sinyal keluaran IC 4047 dengan menggunakan kapasitor 100nF, resistor 100k dan MOSFET IRFZ540. 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 12. Gelombang Keluaran Rangkaian Kontrol Pemicuan

Dari gelombang keluaran tersebut dapat dihitung frekuensi dan tegangan sebagai berikut :

$$T = 1,8 \times 10 \frac{s}{div} = 18 \mu s$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{18 \times 10^{-6}} = 55,6 \text{ kHz}$$

$$V_{pp} = 4 \times 5V/div = 20 \text{ Volt}$$

Frekuensi yang terukur sebesar 55,6 kHz dan tegangan V_{pp} 20 Volt. Tegangan ini akan digunakan untuk pemicuan MOSFET IRFP460 yang memerlukan $V_{GS} \pm 20$ Volt.

3.2 Bentuk Gelombang Rangkaian Iverter

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



Gambar 13. Gelombang Keluaran Masukan Inverter



Gambar 14. Gelombang Keluaran Inverter Tipe Jembatan Penuh

Pada Gambar 13 diatas dapat dilihat bahwa besarnya tegangan masukan inverter adalah 1,7 div dengan skala 2 V/div dan faktor pengali 10 x sehingga tegangan sebenarnya adalah

$$V_{DC} = 1,7 \times 2 \times 10 = 34 \text{ Volt}$$

Sedangkan Gambar 14 keluaran inverter yang terukur pada osiloskop sebesar ;

$$V_{pp} = 3,2 \times 2 \text{ V/div} \times 10 = 64 \text{ Volt}$$

$$V_m = \frac{V_{pp}}{2} = \frac{64}{2} = 32 \text{ Volt}$$

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 Filter Seri-Paralel

Filter ini diletakan setelah inverter tipe jembatan penuh, sehingga masukan filter seri-paralel ini adalah keluaran dari inverter. Dalam pengujian filter ini digunakan alat ukur osiloskop GW INSTEK GOS-2104. Data yang diambil berupa tegangan, arus dan THD. Tabel 1 adalah hasil data pengukuran filter dengan variasi frekuensi.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Rangkaian Filter dengan Inverter

Frekuensi (kHz)	V_{Out}		I_a (Amp)	I_b (Amp)	Ket
	Tidak Berbeban	Berbeban			
11,01	48	46	0,94	0,5	x
13,03	135	128	1,34	1,13	x
13,83	124	112	1,32	1,3	x
14,05	111	104	0,5	1,32	x
15,06	75	74	0,37	0,64	x
19,24	51	49	0,38	0,52	x
20,06	50	47	0,39	0,52	x
21,18	49	46	0,42	0,52	x
22,1	49	46	0,43	0,53	x
23,13	48	46	0,44	0,54	v
24,06	49	47	0,46	0,54	v
25,1	50	48	0,48	0,55	v
25,9	50	49	0,49	0,55	v
26,97	52	50	0,49	0,55	v
28,13	55	53	0,53	0,57	v
29,2	59	57	0,6	0,57	v
30,4	67	63	0,63	0,59	v

31,12	70	68	0,64	0,65	v
32,12	83	79	0,69	0,75	v
33,2	89	95	0,69	0,84	v
34,16	138	127	0,91	1,07	v
34,3	141	132	1,18	1,1	v
35,12	161	142	1,35	1,18	v
35,54	162	144	1,35	1,2	v
36,09	155	141	1,32	1,07	v
37,05	132	115	1,13	0,96	v
38,4	105	102	1,09	0,83	v
39,13	91	84	0,88	0,75	v
40,1	71	72	0,79	0,73	v
41,89	62	62	0,76	0,68	v
42,8	55	58	0,74	0,64	v
43,9	52	50	0,72	0,63	v
45,5	45	35	0,71	0,62	v
48,3	38	27	0,71	0,61	v

43900	225,14	52
45500	142,89	45
48300	90,60	38

*) Keterangan : x = Tidak Gelombang Sinusoidal Murni
v = Gelombang Sinusoidal Murni

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa tegangan maksimal yang terukur pada saat tidak berbeban sebesar 162 Volt dan 144 pada saat berbeban di frekuensi 35,54 kHz. Sedangkan arus maksimal yang terukur sebesar 1,32 di frekuensi 14,05 kHz.

a. Penguat tegangan

Didalam penguat tegangan ini dibandingkan hasil pengukuran dan perhitungan. Hasil pengukuran sudah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Perbandingan Pengukuran dan Perhitungan Penguat Tegangan

f (Hz)	Perhitungan	Pengukuran
11010	19,05	48
13030	44,70	135
13830	70,39	124
14050	81,70	111
15060	217,14	75
19240	70,14	51
20060	62,06	50
21180	55,39	49
22100	52,07	49
23130	52,07	48
24060	49,76	49
25100	48,58	50
25900	48,03	50
26970	48,07	52
28130	48,69	55
29200	50,07	59
30400	52,03	67
31120	55,13	70
32120	57,54	83
33200	61,74	89
34160	67,72	138
34300	74,80	141
35120	76,02	161
35540	84,31	162
36090	89,53	155
f (Hz)	Perhitungan	Pengukuran
37050	97,71	132
38400	117,21	105
39130	166,32	91
40100	216,45	71
41890	349,84	62
42800	379,03	55

Dari Tabel 2 diatas terdapat perbedaan nilai tegangan, hal ini disebabkan oleh beberapa hal. Pada proses pembuatan terjadi efek parasitik yang disebabkan pada penyambungan komponen menggunakan jalur PCB yang disolder. Ini dapat menimbulkan adanya penambahan nilai resistansi, kapasitansi dan induktansi. Hal tersebut dapat menimbulkan pergeseran nilai frekuensi sehingga nilai penguat tegangan juga berubah.

- Dalam alat ini juga banyak terjadi rugi-rugi sehingga mendapatkan nilai yang berbeda dari perhitungan.
- Pada perhitungan tegangan keluaran, tidak memperhitungkan nilai tegangan harmonisa yang terjadi, sedangkan pada alat ukur (osiloskop) sudah memperhitungkan tegangan tersebut.
- Pada komponen induktor tidak hanya memiliki nilai induktif melainkan memiliki nilai kapasitif dan resistif.
- Pada komponen kapasitor tidak hanya memiliki nilai kapasitif melainkan memiliki nilai induktif dan resistif.

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 penguat tegangan tertinggi, 1, 2 dan terendah.

Tabel 3 Data Gelombang Keluaran dan FFT Harmonisa

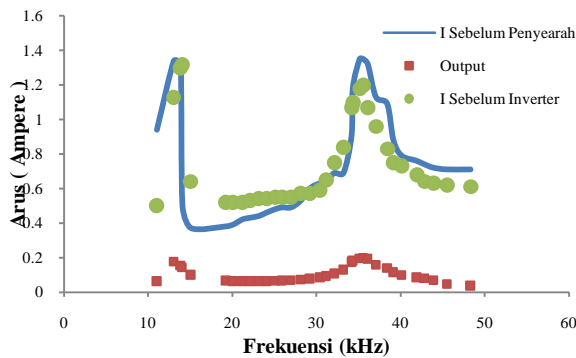
No	Gelombang Keluaran	FFT Harmonisa
1		
2		
3		
4		

- Data pertama adalah gelombang keluaran dari inverter jembatan penuh dengan harmonisa 99%.
- Data kedua adalah gelombang yang belum sempurna terjadi pada frekuensi 13,01 kHz dan terjadi pengurangan nilai harmonisa mencapai 66%.

- Data ketiga adalah gelombang yang sempurna yaitu sinusoidal pada frekuensi 35,54 kHz dan harmonisa yang terukur adalah 0%.
- Data keempat adalah gelombang yang hampir sempurna terjadi di frekuensi 23,01 kHz dan harmonisa yang terukur 0%.

b. Arus yang terukur

Pengukuran arus ini dilakukan di tiga titik. Arus masukan penyearah, masukan inverter dan arus beban. Arus masukan penyearah dan masukan inverter dengan menggunakan tangampere sedangkan arus beban menggunakan hukum ohm, sehingga didapat arus yang mengalir ke beban. Beban yang digunakan dua buah lampu 5 Watt dengan resistansi 725 ohm. Berikut adalah grafik perbandingan ketiga pengukuran arus.



Gambar 15 Grafik Perbandingan Arus

Gambar 15 dapat dilihat bahwa karakteristik grafik hampir menyerupai tegangan. Pengukuran ini dilakukan pada kondisi berbeban.

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	34 Volt	144 Volt
I	1,2 Ampere	0,21 Ampere
cos φ	1	1

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

$$P = V \times I \times \cos \phi \tag{5}$$

$$P_{In} = 34 \times 1,2 \times 1$$

$$P_{In} = 40,8 \text{ Watt}$$

$$P_{Out} = 144 \times 0,21 \times 1$$

$$P_{Out} = 28,8 \text{ Watt}$$

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \tag{6}$$

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{28,8}{40,8} \times 100 \%$$

$$P = 70,59 \%$$

Rangkaian filter seri-paralel dengan inverter frekuensi tinggi ini pada saat berbeban memiliki efisiensi sebesar 70,59 % pada frekuensi dengan penguat tegangan tetinggi 35,54 kHz.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa dalam tugas akhir ini, maka didapat hasil pengamatan yang dilakukan dengan menggunakan osiloskop, bahwa filter seri-paralel menghasilkan bentuk gelombang bukan sinusoidal murni pada frekuensi 13,03 kHz sebesar 135 Volt dan 35,54 kHz sebesar 162 Volt dengan bentuk gelombang sinusoidal murni yang berasal dari gelombang kotak yang dihasilkan oleh inverter jembatan penuh sebesar 32 Volt. Analisis yang didapat pada filter seri-paralel memiliki karakteristik dua buah gelombang penguat tegangan yakni frekuensi 13,03 kHz dan 35,54 kHz. Sedangkan pada perhitungan terjadi pada frekuensi 15,1 kHz dan 40,1 kHz. Perbedaan nilai perhitungan dan pengukuran disebabkan adanya efek parasitik, rugi-rugi yang terjadi pada rangkaian, perubahan nilai induktor, kapasitor dan resistor. Berdasarkan pengamatan dengan osiloskop, filter seri-paralel yaitu dapat memperbaiki gelombang harmonisa yang ditimbulkan oleh proses switching pada inverter tipe jembatan penuh karena filter memiliki sifat untuk memperbaiki harmonisa yakni dengan nilai THD 99% menjadi 0%. Efisiensi rangkaian inverter jembatan penuh dengan filter seri-paralel mencapai nilai 70,59 %. Alat ini bisa dikembangkan dengan topologi filter bertingkat.

Referensi

- [1]. Rashid, Muhammad H. Power Electronics Circuits, Devices, and Application. United States: Prentice Hall International. 1993.
- [2]. Kazimierczuk, Marian K dan Darius Czarkowski. "Resonant Power Converters", New York: John Wiley & sons, Inc, 1976.
- [3]. Warsito. "Vademekum Elektronika", PT. Gramedia Jakarta : Pustaka Utama. 2006.
- [4]. Wardhana, Ibnu Surya. Perancangan Inverter Push Pull Resonan Paralel pada Aplikasi Fotovoltaik. Semarang. Universitas Diponegoro, 2012.
- [5]. Budiman, Rezon Arif, Perancangan Half Bridge Inverter untuk Catu Daya Pemanas Induksi pada Alat Extruder Plastik. Universitas Diponegoro, Semarang 2012.
- [6]. Safarudin, Yanuar Mahfudz, Perancangan Modul Praktikum Inverter Sinusoidal ~~dan~~ Pulse Width Modulation (SPWM) 2 Level, 3 Level dan Sinusoidal. Semarang. Universitas Diponegoro, 2013.
- [7]. Margarana, Fitria Panji, Simulasi dan Analisa Load Resonant dan Quasi Resonant DC-DC Konverter dengan PSIM 4.1. Semarang. Universitas Diponegoro, 2018.
- [8]. Sweden, I Nengah dan I Wayan Rina J. Analisa Penyalahgunaan THD dengan Filter Pasif pada Sistem Kelistrikan di RSUP Sanglah. Bali. Teknik Elektro Udayana. 2009.