

PERANCANGAN INVERTER *FULLBRIDGE* RESONANSI SERI FREKUENSI TINGGI UNTUK APLIKASI *INDUCTION COOKER*

Tegar Mahardika^{*)}, Agung Warsito, and Karnoto

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

**)Email : tegarmhrdk@gmail.com*

Abstrak

Sejak adanya program konversi minyak ke gas oleh PT. Pertamina, kebutuhan rumah tangga akan gas menjadi sangat tinggi terutama untuk memasak. Walaupun penggunaan gas untuk memasak memiliki efisiensi yang tinggi dibandingkan dengan minyak, akan tetapi penggunaan gas masih memiliki kelemahan yaitu bahaya akan ledakan dari tabung gas. Ledakan ini bisa dikarenakan oleh adanya kebocoran gas yang berinteraksi dengan api dari kompor maupun dari sumber api lainnya. Oleh karena hal tersebut diperlukan suatu metode pemanasan yang lebih aman dan cepat. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut ialah dengan menggunakan metode pemanasan secara induksi. Pemanasan induksi membutuhkan sumber listrik (catu daya) khusus yang bekerja pada frekuensi tinggi^[2]. Pada penelitian ini dilakukan perancangan inverter fullbridge resonansi seri frekuensi tinggi yang diaplikasikan pada induction cooker. Perancangan ini dibuat dengan simulasi PSIM dan perancangan perangkat keras. Dari hasil pengujian didapat bahwa sistem yang dirancang dapat bekerja pada tegangan 220 Volt AC 50 Hz. Daya maksimal pada masing – masing frekuensi resonansi 22 kHz, 32 kHz, dan 44 kHz yaitu sebesar 401 W, 300 W, dan 188 W. Sistem bekerja paling optimal pada frekuensi resonansi 22 kHz dengan kecepatan pemanasan rata-rata 0,56 °C/detik. Sistem yang telah dirancang memiliki efisiensi terbaik sebesar 87,68%.

Kata kunci : resonansi seri, inverter fullbridge, induction cooker

Abstract

Since the kerosene to LPG conversion program has been held by PT Pertamina, home need of gas for household like cooking increases. Though LPG consumption for cooking is considered to be more efficient than kerosene, but using LPG has been worried to explode. The exploitation is possible caused of LPG leakage which interact to fire source. This is the reason why need more fast and secure alternative heating method. One method to solve the problem is called induction heating method. Induction heating needs a special power source that works in high frequency^[2]. In research, high frequency full bridge inverter with resonance in series is implemented to build an induction cooker. The design is made with PSIM simulation and building the hardware. The result shows that the system works in voltage range 220V AC 50 Hz. The maximum power on each resonance frequency of 22 kHz, 32 kHz and 44 kHz is 401 W, 300 W and 188 W. The most optimum point happened when the resonance frequency is 22 kHz with heating rate 0.56 °C/second. The system that had been designed has the best efficiency value 87.68%.

Keyword : series resonance, full bridge inverter, induction cooker.

1. Pendahuluan

Sejak adanya program konversi minyak ke gas oleh PT. Pertamina, kebutuhan rumah tangga akan gas menjadi sangat tinggi terutama untuk memasak. Walaupun penggunaan gas untuk memasak memiliki efisiensi yang tinggi dibandingkan dengan minyak, akan tetapi penggunaan gas masih memiliki kelemahan yaitu bahaya akan ledakan dari tabung gas. Bahaya ledakan ini juga berlaku bagi pengguna bahan bakar minyak. Hal ini karena sifat gas dan minyak yang mudah terbakar oleh

adanya kontak dengan api dari kompor. Untuk mengatasi masalah tersebut digunakanlah metode pemanasan secara induksi yang relative lebih aman dan memiliki waktu pemanasan yang cepat.

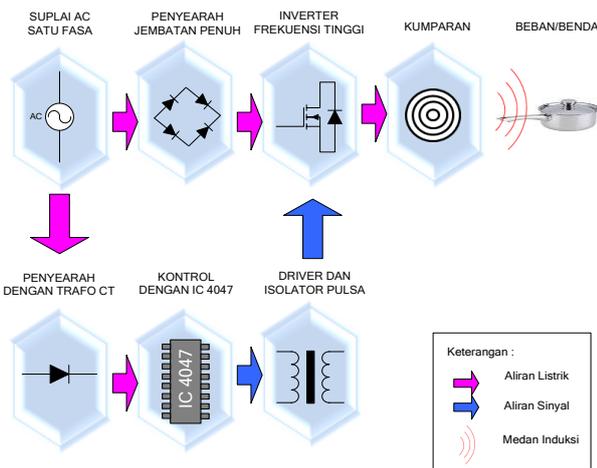
Tujuan penelitian pada penelitian ini adalah membuat *induction cooker* berdasarkan proses pemanasan secara induksi. Pada proses ini kumparan yang dialiri arus listrik bolak-balik frekuensi tinggi akan menghasilkan medan magnet yang akan menginduksi badan alat masak seperti panci, wajan, dan lain-lain. Pada badan alat masak akan

terbentuk arus *eddy* dan rugi histerisis yang akan menimbulkan panas. Panas inilah yang nantinya digunakan untuk memanaskan bahan makanan pada alat masak.

Proses pemanasan secara induksi membutuhkan frekuensi tinggi sehingga dibutuhkan catu daya yang digunakan untuk mensuplai pemanas induksi tersebut. Dalam penelitian ini penulis akan merancang inverter frekuensi tinggi dengan topologi inverter *fullbridge* resonansiseri yang dapat menghasilkan listrik bolak balik dengan frekuensi yang tinggi.

2. Metode

Pada perancangan dan pembuatan perangkat keras inverter frekuensi tinggi untuk aplikasi *induction cooker* ini terdiri dari sumber tegangan AC 1 fasa 220 V, rangkaian kontrol, rangkaian *driver*, rangkaian penyearah dan rangkaian daya inverter.



Gambar 1. Blok diagram perancangan alat

2.1 Perancangan dengan software PSIM

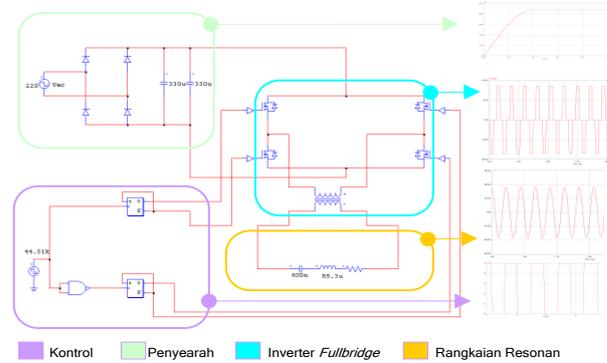
Langkah awal pada perancangan penelitian ini adalah dengan membuat simulasi dengan *software* PSIM terlebih dahulu agar dapat menentukan nilai komponen yang tepat dan mempermudah analisa sistem. Rangkaian alat secara keseluruhan dengan simulasi PSIM dapat dilihat pada Gambar 2.

2.2 Perancangan Rangkaian Kontrol

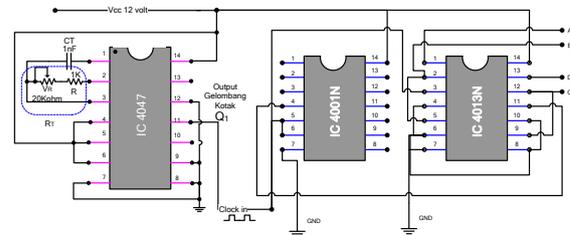
2.2.1 Rangkaian Kontrol dengan IC 4047

Rangkaian kontrol dengan IC 4047 digunakan untuk mengontrol pemicuan MOSFET pada rangkaian daya inverter. IC 4047 akan menghasilkan gelombang kotak untuk pemicuan dengan frekuensi tertentu dengan *duty cycle* 50%. Pada perancangan ini, inverter akan

bekerja pada rentang frekuensi 5 KHz – 113 KHz, oleh karena itu IC 4047 diset untuk menghasilkan frekuensi pemicuan dengan cara menentukan nilai R_T dan C_T



Gambar 2. Rangkaian alat dengan simulasi PSIM



Gambar 3. Rangkaian kontrol dengan IC 4047

Oleh karena frekuensi pemicuan yang dihasilkan dari rangkaian adalah setengah dari frekuensi osilator IC 4047, maka agar rentang frekuensi pemicuan 5 KHz – 113 KHz, rentang frekuensi osilator IC 4047 adalah 10 KHz – 226 KHz. Setelah menentukan frekuensi osilator IC 4047, kita menentukan kapasitor dan resistor menggunakan persamaan yang didapat dari *datasheet* IC 4047 sebagai berikut ini :

$$f_{Osc} = \frac{1}{4,4 \cdot R_T \cdot C_T} \quad (1)$$

Dari persamaan tersebut ditentukan nilai kapasitor yang digunakan sebesar 1nF, maka nilai resistor :

$$R_T = \frac{1}{4,4 \cdot f_{Osc} \cdot C_T} \quad (2)$$

Untuk $f(\text{osc}) \text{ max} = 226 \text{ KHz}$

$$R_T = \frac{1}{4,4 \cdot 226 \cdot 10^3 \cdot 10^{-9}} = 1005,6 \Omega = 1 \text{ k}\Omega$$

Sedangkan untuk $f(\text{osc}) \text{ min} = 10 \text{ KHz}$

$$R_T = \frac{1}{4,4 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 10^{-9}} = 22727,2 \Omega = 2,2 \text{ k}\Omega$$

Nilai komponen yang ada dipasaran yaitu :

CT : 1nF

R : 1k Ω

VR : 20 k Ω

Maka besarnya frekuensi osilator adalah :

- pada saat $V_R = 0 \Omega$

$$f_{OSC(maxs)} = \frac{1}{4,4 \cdot 1000 \cdot 10^{-9}}$$

$$= 227 \text{ kHz}$$

- pada saat $V_R = 20 \text{ k}\Omega$

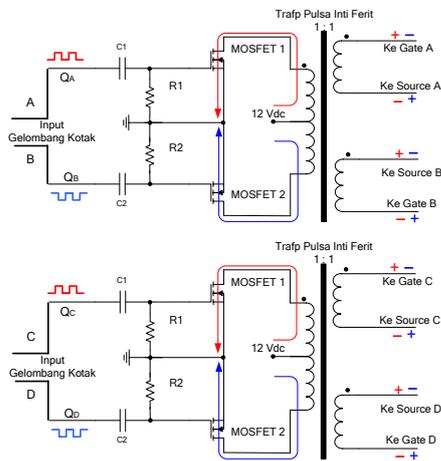
$$f_{OSC(min)} = \frac{1}{4,4 \cdot 21000 \cdot 10^{-9}}$$

$$= 10,82 \text{ kHz}$$

Dengan demikian untuk memperoleh frekuensi osilator yang diinginkan dapat dilakukan dengan cara mengatur putaran potensiometer (V_R).

2.2.2 Rangkaian Driver dan Trafo Isolator Pulsa

Rangkaian driver dan trafo isolator pulsa berfungsi untuk memisahkan antara rangkaian kontrol dengan rangkaian daya. Hal ini bertujuan untuk mengamankan rangkaian kontrol ketika rangkaian daya mengalami gangguan.

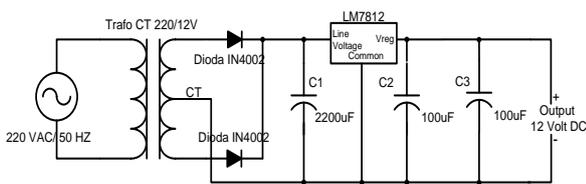


Gambar 4. Rangkaian driver dan trafo isolator pulsa

Trafo pulsa disusun dengan belitan primer yang berupa *center tap* dan 2 belitan sekunder dengan perbandingan lilitan primer dan sekunder 1:1. Trafo pulsa ini diberi tegangan masukan 12 VDC pada bagian tap tengahnya.

2.2.3 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa dengan Center Tap

Rangkaian penyearah ini digunakan untuk mensuplai rangkaian kontrol IC 4047 yang membutuhkan tegangan 12 VDC.



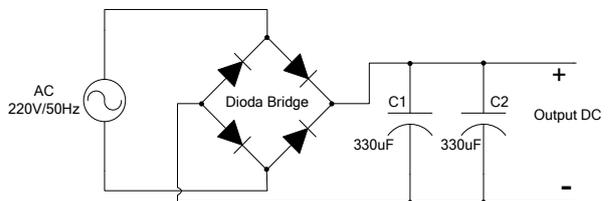
Gambar 5. Penyearah gelombang penuh satu fasa dengan center tap

Tegangan 12 VAC ketika disearahkan akan menjadi lebih besar yaitu 16,97 VDC. Sedangkan rangkaian kontrol membutuhkan tegangan masukan sebesar 12 V untuk power suplai IC 4047. Untuk menjaga tegangan VDC tetap stabil ± 12 Volt maka hasil keluaran dioda diberikan regulator LM7812 untuk meregulasi tegangan dari 16,97 V menjadi 12 V.

2.3 Perancangan Rangkaian Daya

2.3.1 Penyearah Gelombang Penuh

Penyearah ini digunakan untuk menyearahkan tegangan AC menjadi DC untuk suplai masukan pada rangkaian inverter.

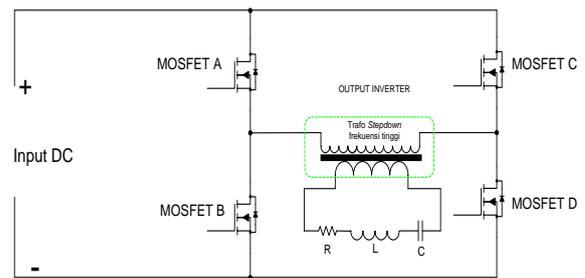


Gambar 6. Rangkaian penyearah gelombang penuh

Penyearah gelombang penuh ini menggunakan dioda bridge MB3510 yang akan mengubah tegangan 220 VAC menjadi 311,13 VDC dan digunakan kapasitor untuk menghaluskan gelombang keluaran hasil penyearahan.

2.3.2 Inverter Fullbridge Resonansi Seri

Perancangan rangkaian inverter *fullbridge* resonansi seri terdiri dari beberapabagian yaitu trafo *step down*, rangkaian resonansi seri dan MOSFET.



Gambar 7. Inverter fullbridge resonansi seri

2.3.2.1 Trafo Step Down

Trafo *step down* pada perancangan rangkaian daya ini adalah untuk menurunkan tegangan AC hasil keluaran inverter *fullbridge* sebelum masuk ke rangkaian resonansi. Tujuan penurunan tegangan ini adalah agar arus pada sistem tidak terlalu besar, hal ini karena saat sistem berada pada frekuensi resonansi, nilai impedansi sistem akan menjadi sangat kecil.

Trafo step down inti ferit akan menurunkan tegangan maksimal AC 312 V menjadi 46,8 V sehingga perbandingan jumlah lilitan pada trafo perlu diperhatikan. Dengan kumparan primer sebanyak 60 lilitan, jumlah kumparan sekundernya adalah :

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} \quad \frac{N_p}{N_s} = \frac{312}{46,8} \quad \frac{60}{N_s} = \frac{312}{46,8}$$

Sehingga $N_s = 9$ lilitan.

2.3.2.1 Rangkaian Resonansi Seri

Rangkaian resonansi seri ini terdiri dari kapasitor dan induktor.

• Induktor

Induktor pada perancangan ini dibuat dengan melilitkan kawat email yang membentuk spiral. Kawat email yang digunakan berdiameter 2,8 mm dengan jumlah lilitan 28 sehingga didapatkan nilai induktansi 0,088 mH.

• Kapasitor

Dengan mengetahui frekuensi kerja rangkaian resonansi dan nilai induktor maka dapat diketahui nilai kapasitor yang diperlukan untuk tiap-tiap frekuensi resonansi yaitu 22 kHz, 32 kHz dan 44 kHz. Alasan pemilihan frekuensi resonansi ini yaitu ketiga frekuensi tersebut berada di atas batas pendengaran manusia, hal ini agar sistem yang dibuat tidak menimbulkan bunyi. Selain hal tersebut ketiga frekuensi dipilih dengan variasi yang berbeda untuk mengetahui karakteristik sistem terhadap variasi frekuensi. Penentuan nilai kapasitor resonansi dapat dicari dengan rumus berikut :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3)$$

Maka nilai C adalah :

$$C = \frac{1}{(2\pi \cdot f_0)^2 \cdot L} \quad (4)$$

Untuk frekuensi 22 kHz maka nilai kapasitor yang dibutuhkan :

$$C = \frac{1}{(2\pi \cdot 22 \cdot 10^3)^2 \cdot 0,088 \cdot 10^{-3}}$$

$$C = 595,32 nF$$

Untuk frekuensi 32 kHz maka nilai kapasitor yang dibutuhkan :

$$C = \frac{1}{(2\pi \cdot 32 \cdot 10^3)^2 \cdot 0,088 \cdot 10^{-3}}$$

$$C = 281,38 nF$$

Untuk frekuensi 44 kHz maka nilai kapasitor yang dibutuhkan :

$$C = \frac{1}{(2\pi \cdot 44 \cdot 10^3)^2 \cdot 0,088 \cdot 10^{-3}}$$

$$C = 148,83 nF$$

Besarnya tegangan yang harus ditahan oleh kapasitor ditentukan oleh nilai faktor kualitas rangkaian. Pada kondisi paling buruk misalkan nilai faktor kualitas

rangkaiannya adalah 10, maka tegangan maksimal yang harus dapat ditahan oleh kapasitor adalah sebagai berikut:

$$V_{CM(max)} = V_{L(max)} = Q_L V_m = \frac{2V_s Q_L}{\pi} = \frac{2 \cdot 46,8 \cdot 10}{3,14} = 298,09 \text{ Volt}$$

Pada perancangan ini digunakan kapasitor 2 kV agar lebih handal.

2.3.2.2 MOSFET

MOSFET merupakan komponen pensaklaran pada inverter. Untuk menentukan spesifikasi MOSFET terlebih dahulu harus menentukan nilai arus dan tegangan maksimal. Pada inverter *fullbridge* tegangan maksimal adalah sama dengan tegangan sumber yaitu 312 Volt, sedangkan arus pada rangkaian resonansi (sisi sekunder trafo) adalah :

$$R = \frac{2V_s^2}{\pi^2 P} \quad (5)$$

$$R = \frac{2V_s^2}{\pi^2 P} = \frac{2 \cdot 46,8^2}{3,14^2 \cdot 400} = 1,1 \Omega$$

$$I_m = \frac{V_m}{Z} = \frac{2V_s}{\pi \cdot Z} \quad (6)$$

$$I_m = \frac{V_m}{Z} = \frac{2V_s}{\pi \cdot R} = \frac{2 \cdot 46,8}{3,14 \cdot 1,1} = 26,85 A$$

Sehingga nilai arus pada sisi primer trafo step down yang mengalir pada MOSFET adalah :

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad (7)$$

$$\frac{60}{9} = \frac{26,85}{I_p}$$

$$I_p = 4,03 A$$

Dengan mengetahui nilai arus dan tegangan maksimal yang diampu oleh MOSFET maka dapat ditentukan spesifikasi MOSFET yang cocok dengan perancangan sistem. Pada penelitian ini digunakan MOSFET IRFP460 dengan spesifikasi sebagai berikut :

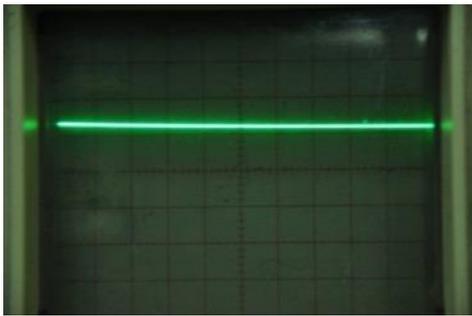
Tabell. Spesifikasi MOSFET IRFP460

Parameter	Spesifikasi/Nilai Besaran
Drain – source breakdown voltage	500 V
Gate – source breakdown voltage	20 V
Gate – threshold voltage	4 V
Drain source ON resistance $R_{DS(ON)}$	0,207 Ω
Continuous Drain Current	20 A
Continuous Drain Current ($T_C=100^\circ C$)	12 A

3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengujian Gelombang Keluaran

Gelombang keluaran rangkaian penyearah dengan CT (*center tap*) dapat dilihat pada Gambar 8.



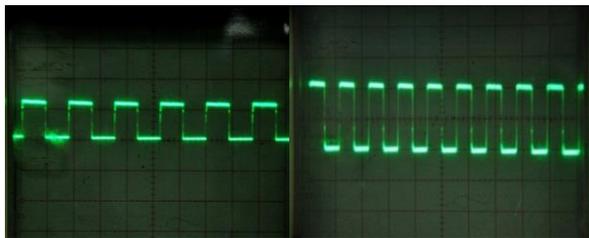
Gambar 8. Gelombang keluaran penyearah dengan CT

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa gelombang keluaran rangkaian penyearah dengan CT memiliki nilai 1,2 div dengan Volt/div = 1 dan faktor pengali 10x maka nilai tegangan DC adalah :

$$V = 1,2 \text{ div} \times 1 \text{ V/div} \times 10 = 12 \text{ VDC}$$

Nilai tegangan ini sudah sesuai untuk mensuplai rangkaian kontrol IC 4047.

Gelombang keluaran hasil pengukuran pada rangkaian kontrol IC 4047 dan rangkaian *driver* isolator pulsa dapat dilihat pada gambar berikut :



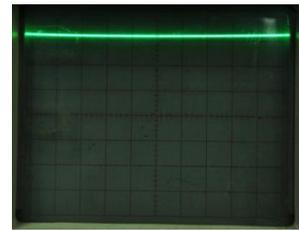
a. Gelombang IC 4047 b. Gelombang rangkaian *driver*

Gambar 9. Gelombang keluaran rangkaian kontrol

Pada Gambar 9(a) terlihat bahwa gelombang keluaran rangkaian kontrol merupakan gelombang kotak DC dengan amplitudo 1,2 div dengan volt/div = 1 dan faktor pengali 10x maka tegangan yang dihasilkan yaitu 12 V. Tegangan ini sudah sesuai untuk memicu MOSFET IRFZ44N pada rangkaian *driver*.

Pada Gambar 9(b) terlihat bahwa gelombang keluaran rangkaian *driver* merupakan gelombang kotak AC dengan amplitudo puncaknya 1,2 div dengan volt/div = 1 dan faktor pengali 10x maka tegangan puncaknya adalah 12 V. Nilai tegangan ini sudah sesuai untuk memicu MOSFET IRFP460 pada rangkaian daya inverter yang memiliki nilai tegangan *threshold* padagatesebesar 4 V dan tegangan maksimal *gate* sebesar 20 V.

Gelombang keluaran rangkaian penyearah gelombang penuh dapat dilihat pada Gambar 10.

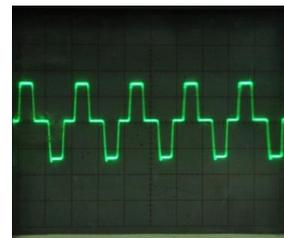


Gambar 10. Gelombang keluaran penyearah gelombang penuh

Pada Gambar 10 nilai tegangan 3,2 div dengan Volt/div = 0,1 dan faktor pengali 1000x, maka tegangannya adalah:
 $V = 3,2 \text{ div} \times 0,1 \text{ V/div} \times 1000 = 320 \text{ Volt DC}$

Tegangan ini sudah sesuai untuk mensuplai inverter *fullbridge* pada rangkaian daya.

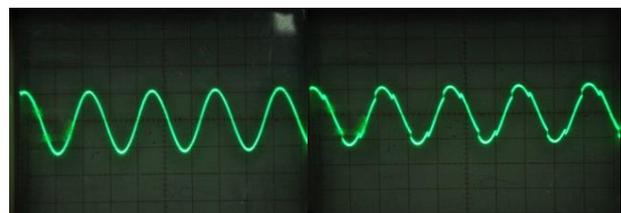
Sedangkan gelombang keluaran inverter *fullbridge* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Gelombang keluaran inverter *fullbridge*

Pada Gambar 11 dapat dilihat terdapat jeda antara siklus positif dan negatif, hal ini karena pada rangkaian kontrol pemucuan, IC 4047 digabung dengan IC4001 dan IC4013 membentuk rangkaian *phaseshifting*. Nilai puncak gelombang adalah 1,6 div dengan 0,2 Volt/div dan faktor pengali 1000x maka nilai tegangan maksimalnya adalah 320 Volt. Nilai tegangan ini sudah sesuai dengan nilai tegangan pada perancangan alat.

Pada komponen resonansi bentuk gelombangnya dapat dilihat pada Gambar 12.



a. Gelombang kapasitor b. Gelombang induktor

Gambar 12. Gelombang pada kapasitor resonansi

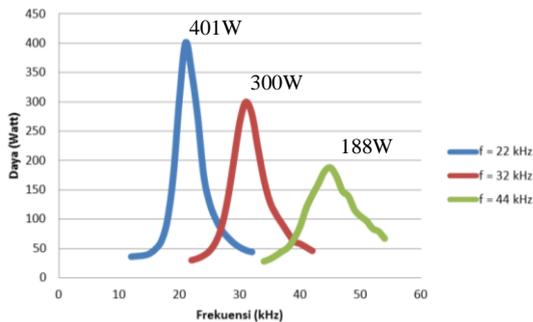
Pada Gambar 12 dapat dilihat bahwa gelombang keluaran dari komponen resonansi berbentuk sinus. Nilai puncak

kedua gelombang tersebut adalah sama yaitu 1,2 div pada skala 0,2 Volt/div dan faktor pengali 1000x maka nilai tegangan puncak kedua gelombang tersebut adalah :
 $VC = VL = 1,2 \text{ div} \times 0,2 \text{ V/div} \times 1000 = 240 \text{ Volt AC}$

3.2. Pengujian Aplikasi Induction Cooker

3.2.1 Pengujian Perubahan Daya Terhadap Frekuensi

Perubahan frekuensi pemicuan pada inverter akan mengubah nilai daya yang masuk ke sistem. Pada variasi nilai frekuensi resonansi yaitu 22 kHz, 32 kHz dan 44 kHz didapat respon perubahan daya terhadap frekuensi yang berbeda-beda pada tiap frekuensi resonansi. Daya paling besar didapat pada frekuensi resonansi 22 kHz yaitu sebesar 401 Watt. Sedangkan daya paling kecil didapat pada frekuensi resonansi 44 kHz seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik perubahan daya terhadap frekuensi

Dari data dapat diketahui bahwa semakin kecil frekuensi resonansi maka daya yang masuk ke sistem akan semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin besar frekuensi akan mengakibatkan efek kulit (*skin effect*) semakin signifikan yang berakibat pada bertambahnya nilai resistansi sistem. Bertambahnya nilai resistansi akan mengakibatkan arus yang mengalir pada sistem akan semakin kecil sehingga daya pada sistem juga akan semakin kecil. Hal ini sesuai dengan persamaan efek kulit :

$$R_{ac} = R_{dc} + R_{se} = R_{dc} (1 + F_{se}) \tag{8}$$

dengan:

- R_{ac} = Tahanan AC (ohm)
- R_{dc} = Tahanan DC (ohm)
- R_{sc} = Tahanan skin efek (ohm).
- F_{se} = Faktor skin effect

Besarnya faktor skin efek sendiri diperoleh dari persamaan:

$$F_{se} = d/\delta \tag{9}$$

dengan:

- F_{se} = Faktor skin efek.
 - d = Diameter konduktor (mm).
 - δ = kedalaman kulit (mm).
- Dimana kedalaman kulit dirumuskan

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \mu f}} \tag{10}$$

dengan:

- δ = kedalaman penetrasi standar (m)
- μ = permeabilitas bahan (H/m)
- f = frekuensi (Hz)
- ρ = resistifitas (ohm/m)

Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar frekuensi maka nilai resistansi sistem akan semakin besar.

3.2.2 Pengujian Perubahan Suhu pada Tiap Frekuensi Resonansi

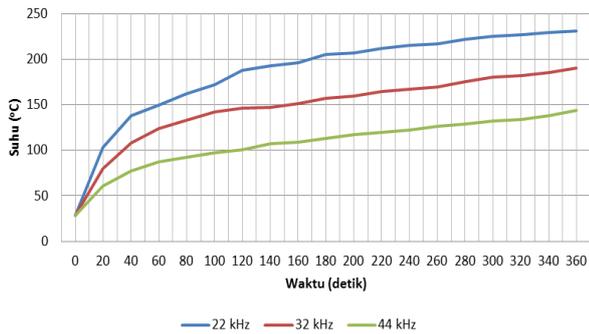
Berikut ini adalah data perubahan suhu pada tiap frekuensi resonansi.

Tabel 2. Perubahan suhu pada tiap frekuensi resonansi

WAKTU		SUHU (°C)		
Menit	Detik	22 kHz	32 kHz	44 kHz
0	0	28	28	28
	20	103	80	61
	40	138	108	77
1	60	150	124	87
	80	162	133	92
	100	172	142	97
2	120	188	146	101
	140	193	147	107
	160	196	151	109
3	180	205	157	113
	200	207	160	117
	220	212	165	120
4	240	215	167	122
	260	217	170	126
	280	222	175	129
5	300	225	180	132
	320	227	182	134
	340	229	185	138
6	360	231	190	144
Rata – rata kenaikan suhu (°C / detik)		0,56	0,45	0,32

Dari data tersebut maka dapat dibuat grafik perubahan suhu pada tiap frekuensi resonansi.

Berdasarkan data pada Gambar 14 dapat diketahui bahwa kecepatan kenaikan suhu pada tiap frekuensi resonansi berbeda-beda. Kecepatan pemanasan tercepat terdapat pada frekuensi resonansi 22 kHz dimana perubahan suhu benda kerja dari suhu 28°C ke suhu 103°C membutuhkan waktu 20 detik dan suhu maksimal yang dapat dicapai dalam waktu 6 menit sebesar 231 °C dengan kecepatan pemanasan rata – rata 0,56 °C/detik.



Gambar 14. Grafik perubahan suhu pada tiap frekuensi resonansi

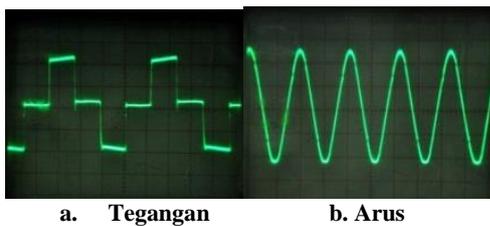
3.2.3 Pengujian Efisiensi Inverter

Efisiensi inverter dapat diketahui dengan melakukan pengukuran terhadap daya masukan dan keluaran. Pengukuran pada daya masukan dilakukan dengan menggunakan clamp meter, sedangkan pada sisi keluaran digunakan osiloskop. Data hasil pengukuran pada frekuensi resonansi 22 kHz dapat dilihat pada Gambar 15 dan 16.



Gambar 15. Pengukuran Daya Masukan Inverter

Pada Gambar 15 dapat diketahui besar daya yang masuk ke sistem yaitu sebesar 401 Watt.



Gambar 16. Pengukuran Daya Keluaran Inverter

Pada gambar 16(a) nilai $V_{pp} = 4,6$ div pada skala $2V/div$ dengan faktor pengali $10x$. Sedangkan pada Gambar 16(b) pengukuran arus dilakukan dengan memasang resistor $0,1\Omega$ secara seri sehingga didapat gelombang dengan $V_{pp} = 4,8$ div pada skala $1 V/div$ dengan faktor pengali $1x$. Dengan demikian maka nilai tegangan puncak adalah :

$$V_p = 4,6 \text{ div} \times 2 \text{ V/div} \times 10 = 92 \text{ Volt}$$

Maka tegangan fundamental maksimalnya adalah :

$$V_m = \frac{2V_p}{\pi} = \frac{2 \cdot 92}{3,14} = 59,24 \text{ Volt}$$

Nilai arus maksimal pada sisi keluaran yaitu sebesar :

$$I_m = \frac{V_{pp}}{2.R} = \frac{4,8 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,1} = 24 \text{ A}$$

Maka nilai daya keluarannya adalah :

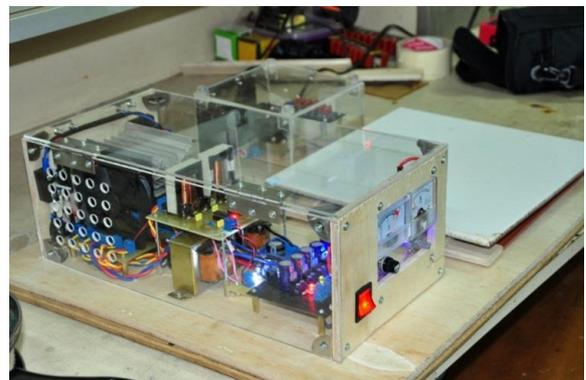
$$P_{out} = \frac{V_m \cdot I_m}{\sqrt{2} \sqrt{2}} \cos \psi = \frac{V_m \cdot I_m}{2} \cos \psi$$

Pada saat resonansi nilai nilai $\cos \psi = 1$, maka

$$P_{out} = \frac{V_m \cdot I_m}{2} = \frac{29,30 \times 24}{2} = 351,6 \text{ W}$$

Sehingga nilai efisiensi inverter adalah sebesar :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{351,6}{401} \times 100\% = 87,68\%$$



Gambar 17. Realisasi Alat

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil pengujian, pengukuran, dan analisa pada penelitian ini maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Inverter *fullbridge* resonansi seri frekuensi tinggi dapat diaplikasikan pada *induction cooker* yang dapat bekerja pada tegangan masukan 220 Volt AC 50 Hz sehingga bisa diaplikasikan pada lingkungan rumah tangga.
2. Pada frekuensi resonansi 22 kHz inverter memiliki daya paling besar yaitu 401 Watt. Sedangkan daya pada frekuensi resonansi 32 kHz sebesar 300 Watt dan pada frekuensi resonansi 44 kHz sebesar 188 Watt.

3. Kecepatan pertambahan suhu rata-rata tercepat terdapat pada frekuensi resonansi 22 kHz yaitu 0,56 °C / detik. Sedangkan pertambahan suhu pada frekuensi resonansi 32 kHz adalah sebesar 0,45 °C / detik dan untuk frekuensi resonansi 44 kHz sebesar 0,32 °C / detik.
4. Efisiensi atau perbandingan antara daya keluaran dengan daya input memiliki nilai terbesar pada frekuensi resonansi 22 kHz yaitu sebesar 87,68 % .

Referensi

- [1]. Baskara Rieza Dwi. Perancangan Inverter Resonan Paralel Frekuensi Tinggi Menggunakan IGBT Sebagai Pemanas Induksi. Universitas Diponegoro. 2012.
- [2]. BudimanRezon Arif. Perancangan Half Bridge Inverter Untuk Catu Daya Pemanas Induksi Pada Alat Extruder Plastik. Universitas Diponegoro. 2012.
- [3]. Irawan Johan Agung., Firmansyah Eka., Wijaya F. Danang. Perancangan Transformator Frekuensi Tinggi untuk Konverter DC-DC Full-Bridge Phase-Shifted 200W. Universitas Gadjah Mada. 2013.
- [4]. Kazimierczuk Marian K, Czarkowski Darius. Resonant Power Converter. John Wiley and Sons. Inc.
- [5]. M. Rashid, Power Electronics Circuit, Device, and Application 2nd. Prentice-Hall International Inc. 1988.
- [6]. Peram Sreenivas, Ramesh Vaddi, Ranganayakulu J.Sri. Full Bridge Resonant Inverter For Induction Heating Applications. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*. 2013; 3(1): 066-073
- [7]. Pluta Wojciech A. Core Loss Models in Electrical Steel Sheets with Different Orientation. Czestochowa University of Technology. 2011.
- [8]. Pratama Pandu Sandi. Perancangan Inverter Resonan Seri Frekuensi Tinggi Sebagai Suplai Pemanas Induksi Pada Alat Pemanas Bearing. Universitas Diponegoro. 2010.
- [9]. Rudnev Valery, Loveless Don, Cook Raymond. Handbook of Induction Heating. New York: Marcel Decker, Inc. 2003.
- [10]. WardhanaIbnu Surya, Perancangan Inverter Push Pull Resonan Paralel Pada Aplikasi Fotovoltaik, Universitas Diponegoro. 2012.
- [11]. Waradzyn Zbigniew. Operation Modes of Full-Bridge Voltage-Source Series Resonant Inverter with PFM Control for Induction Heating Application, Department of Electrical and Industrial Equipment. AGH University of Science and Technology. Cracow. 2006.
- [12]. Wildi Toldore. Electrical Machine, Driver, and Power Systems. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc. 1981.