



## PENGARUH FREKUENSI RESONANSI INDUKSI TERHADAP EFISIENSI ENERGI PADA DAPUR INDUKSI BERBASIS ELEKTROMAGNETIK SEBAGAI ALAT PENCAIRAN ALUMINIUM

Fakih Husni Firdaus<sup>\*1</sup>, Basyirun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang

Email: fakihfirdaus17@gmail.com

### INFO ARTIKEL

*Sejarah Artikel:*

*Diterima 1 Januari 2022*

*Disetujui 1 Juni 2022*

*Dipublikasikan 1 November 2022*

*Kata Kunci:*

*dapur induksi,  
frekuensi,  
resonansi induksi,  
efisiensi energi*

### Abstrak

Teknologi pemanas induksi saat ini merupakan pilihan di banyak aplikasi industri, domestik, dan medis karena keunggulannya terkait efisiensi, pemanasan cepat, keamanan, kebersihan, dan kontrol yang akurat. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh frekuensi resonansi induksi terhadap efisiensi energi dan pengaruh jumlah kapasitansi terhadap frekuensi resonansi induksi pada dapur induksi berbasis elektromagnetik sebagai alat peleburan aluminium. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Variasi frekuensi dilakukan dengan menambah jumlah kapasitor. Jumlah kapasitor maksimal 19 buah. Variasi frekuensi resonansi yang diuji yaitu 41,32 kHz, 39,84 kHz, 39,37 kHz, 38,46 kHz, 37,17 kHz, 35,97 kHz, 34,84 kHz, 33,89 kHz. Pengamatan frekuensi menggunakan osiloskop untuk menampilkan gelombang. Efisiensi energi didapat menggunakan rumus konversi energi listrik menjadi energi panas. Analisis data yang digunakan yaitu analisis statistik deskriptif dan regresi linier sederhana. Hasil penelitian menunjukkan bahwa frekuensi resonansi induksi dapat mempengaruhi efisiensi energi, Efisiensi energi optimal didapatkan pada frekuensi resonansi induksi 35,97 kHz yaitu sebesar 17,08 %. Jumlah kapasitansi dapat mempengaruhi frekuensi resonansi induksi pada dapur induksi berbasis elektromagnetik. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu membuat dapur induksi dengan komponen yang maksimal ketika bekerja pada frekuensi tinggi, sehingga panas yang dihasilkan maksimal.

### Abstract

*Induction heating technology is currently the choice in many industrial, domestic and medical applications because of its advantages related to efficiency, rapid heating, safety, cleanliness, and accurate control. The purpose of this study was to determine the effect of the induction resonance frequency on energy efficiency and the effect of the amount of capacitance on the induction resonance frequency in the electromagnetic-based induction kitchen as an aluminum melting device. The method used is an experimental method. Frequency variation is done by increasing the number of capacitors. Maximum number of capacitors is 19. The resonant frequency variations tested were 41.32 kHz, 39.84 kHz, 39.37 kHz, 38.46 kHz, 37.17 kHz, 35.97 kHz, 34.84 kHz, 33.89 kHz. Observation of frequency using an oscilloscope to display waves. Energy efficiency is obtained using the formula of converting electric energy into heat energy. Analysis of the data used is descriptive statistical analysis and simple linear regression. The results showed that the induction resonance frequency can affect energy efficiency, while the amount of capacitance can affect the induction resonance frequency in electromagnetic-based induction kitchens. Suggestions for further research is to make induction kitchens with maximum components when working at high frequencies, so that the maximum heat generated.*

## 1. PENDAHULUAN

Dunia industri yang berkaitan dengan logam khususnya logam ferro antara lain pengecoran logam dan perlakuan panas logam. Pembuatan dapur induksi berbasis elektromagnetik dilakukan sebagai terobosan teknologi yang dapat digunakan sebagai alat

pelebur dan perlakuan panas logam. Teknologi pemanas induksi saat ini merupakan pilihan di banyak aplikasi industri, domestik, dan medis karena keunggulannya terkait efisiensi, pemanasan cepat, keamanan, kebersihan, dan kontrol yang akurat. Kemajuan dalam teknologi elektronika daya, teknik kontrol, dan

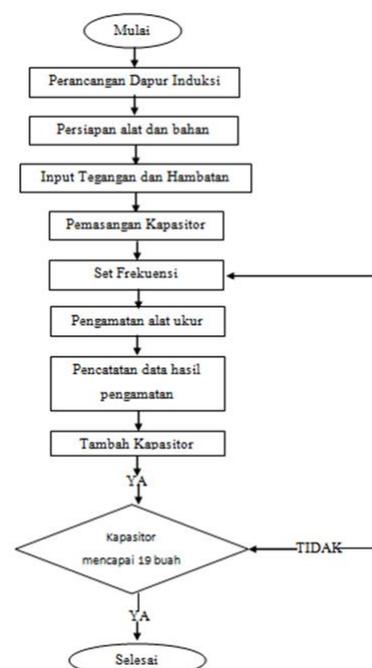
desain komponen magnetik, telah memungkinkan pengembangan sistem yang sangat andal dan hemat biaya, menjadikan teknologi ini tersedia dan ada di mana-mana (Lucia, O. dkk.: 2013). Pemanasan Induksi atau dapur induksi juga disebut sebagai proses pemanasan non kontak yang menggunakan listrik frekuensi tinggi untuk menghasilkan panas yang konduktif secara elektrik (Evrita, 2017). Prinsip kerja dari dapur induksi dapat dijelaskan dengan prinsip kerja transformator. Transformator bekerja karena adanya fenomena induksi elektromagnetik yang mana ketika ada suatu rangkaian tertutup yang di dalamnya mengalir arus AC menghasilkan medan elektromagnetik yang berubah-ubah pula. Medan elektromagnetik (pada kumparan primer) yang berubah-ubah tersebut mempengaruhi kumparan sekunder dan pada kumparan sekunder timbul ggl induksi dan mengalir arus AC jika kumparan sekunder merupakan rangkaian tertutup, hal ini seperti yang terjadi transformator (Zulkarnaen, Y. 2013). Dapur induksi berbasis elektromagnetik untuk pengecoran aluminium ini dalam perancangannya tentu berhubungan dengan efisiensi energi. Permasalahan pemanas induksi pada umumnya yang terjadi adalah besar energi panas yang dihasilkan tidak sebesar energi listrik, karena sebagian energi dilepas ke sistem.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian Pengaruh Frekuensi Resonansi Induksi Terhadap Efisiensi Energi Pada Dapur Induksi Berbasis Elektromagnetik Sebagai Alat Pencairan Aluminium

menggunakan metode eksperimen. Penelitian eksperimen digunakan karena memiliki fungsi untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap hasil yang lain dengan kondisi terkendalikan (Sugiyono, 2015). Kondisi yang terkendalikan dimaksud adalah adanya hasil dari penelitian dikonversikan ke dalam angka-angka, yang kemudian hasil penelitian tersebut dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan dari penelitian tersebut. Perlakuan yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan menambahkan jumlah kapasitor untuk mendapatkan variasi frekuensi resonansi pada dapur induksi.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah frekuensi resonansi induksi. Variasi frekuensi resonansi yang akan digunakan antara 41,32 kHz, 39,84 kHz, 39,37 kHz, 38,46 kHz, 37,17 kHz, 35,971 kHz, 34,84 kHz, 33,89 kHz. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai efisiensi energi. Variabel kontrol penelitian ini berupa Pengujian dilakukan pada arus 5 A dengan tegangan 12 V, Induktansi coil yang digunakan 8,2 mH dan beban induktif rangkaian (motor induksi dan kumparan).



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Tahapan penelitian:

1. Merancang desain gambar 2 dimensi dapur induksi.

2. Merancang rangkaian listrik dapur induksi berbasis elektromagnetik

3. Persiapan alat dan bahan untuk merangkai alat uji sesuai rancangan.

4. Memberikan tahanan pada rangkaian dengan memasang resistor seperti pada rangkaian huruf C.

5. Memasang kapasitor seperti pada gambar nomor 1 untuk mendapatkan frekuensi sesuai yang diinginkan. Bagian ini merupakan seksi penelitian yang akan dilakukan. Nilai kapasitor resonan dengan menggunakan persamaan:

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

6. Menentukan tegangan kapasitor:

Menentukan frekuensi resonansi induksi dengan rumus sebagai berikut:

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

7. Mengukur daya masukan dan energi keluaran dapur induksi.

Daya masukan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in} \quad (3)$$

$$W = V \cdot I \cdot t \quad (4)$$

$$W = P \cdot t \quad (5)$$

Energi keluaran ( $Q_{out}$ ) dapat diperoleh dari persamaan:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (6)$$

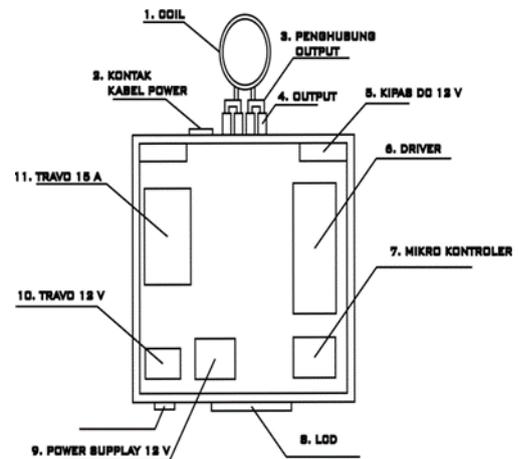
Selanjutnya menghitung efisiensi

$$\eta = Q_{out} / W_{in} \times 100\% \quad (7)$$

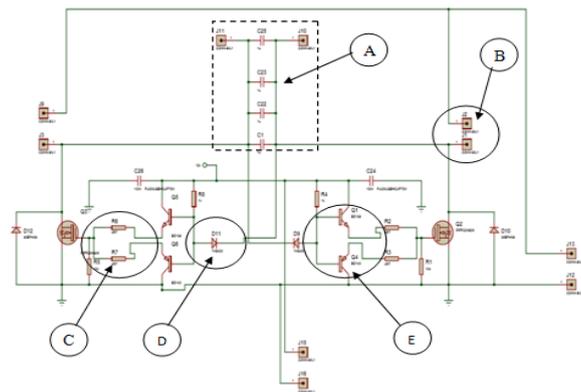
8. Menganalisis data dan membuat simpulan

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil desain rancangan 2 dimensi dapur induksi ditunjukkan pada gambar 2, rancangan instalasi listrik ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 2. Rancangan dapur induksi



Gambar 3. Rangkaian instalasi kelistrikan

Penelitian ini menggunakan metode observasi dalam teknik pengumpulan data. Metode observasi dalam penelitian adalah pengukuran efisiensi energi pada dapur induksi menggunakan rumus konversi energi setelah dilakukan variasi frekuensi resonansi menggunakan kapasitor. Variasi frekuensi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 41,32 kHz, 39,84 kHz, 39,37 kHz, 38,46 kHz, 37,17 kHz, 35,971 kHz, 34,84 kHz, 33,89 kHz.

Data variabel penelitian yang sudah dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh frekuensi resonansi induksi terhadap efisiensi energi pemanas induksi, maka didapatkan tabel 1.

Tabel 1. Uji Frekuensi Resonansi Induksi Terhadap Efisiensi Energi

F (KHz)	T awal (°C)	T akhir (°C)	ΔT (°C)	Vin (Volt)	Iin (Ampere)	t (sekon)
41,322	28	124	96	12	5	60
39,841	28	109	81	12	5	60
39,370	28	130	102	12	5	60
38,462	26	144	118	12	5	60
37,175	27	133	106	12	5	60
35,971	27	149	122	12	5	60
34,843	27	113	86	12	5	60
33,898	28	90	82	12	5	60

Berdasarkan tabel di atas didapat hasil pengukuran frekuensi resonansi induksi, suhu dan perubahan suhu, tegangan dan arus listrik inputan pada pemanas induksi. Frekuensi maksimum tercatat yaitu sebesar 41,32 kHz sedangkan frekuensi minimum sebesar 33,89 kHz. Perubahan suhu tertinggi dalam waktu satu menit tercatat sebesar 149°C pada frekuensi 35,971 kHz sedangkan perubahan suhu terkecil dalam waktu satu menit yaitu sebesar.

Daya listrik masukan pada penelitian ini didapat dari rumus sebagai berikut:

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$= 12 \times 5 = 60 \text{ Watt}$$

$$W = V \cdot I \cdot t$$

$$W = P \cdot t$$

$$= 60 \cdot 60 = 3600 \text{ Joule}$$

Daya didapat dari hasil perkalian hambatan masukkan dan arus masukkan. Langkah selanjutnya adalah melakukan konversi daya listrik menjadi energi dari hasil perkalian daya dengan waktu pengujian selama 60 detik.

beberapa langkah. Beban yang menjadi objek pemanasan adalah gergaji baja karena mempunyai angka permeabilitas yang tinggi. Berikut merupakan analisis perhitungan konversi energi listrik menjadi kalor dari beberapa uji frekuensi yang telah dilakukan.

Langkah selanjutnya adalah menghitung massa beban yang menjadi objek pemanasan untuk didapatkan nilai kalor jenis pada perhitungan selanjutnya. Massa jenis dari gergaji baja yang digunakan adalah 7,80 gr/cm<sup>3</sup>, dan memiliki volume 1440 mm<sup>3</sup>. Massa beban dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut:

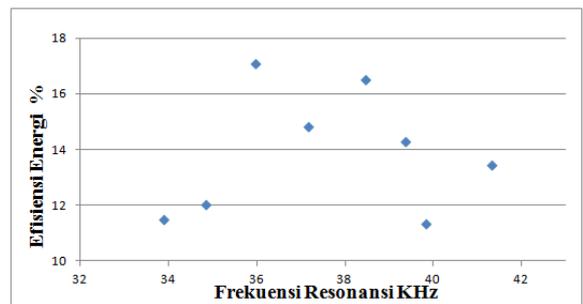
$$m = \rho \times v$$

$$= 7,80 \text{ gr/cm}^3 \times 1440 \text{ mm}^3 = 11,2 \text{ gr}$$

Tabel 2. Pengaruh Frekuensi Resonansi Terhadap Efisiensi Energi

F (kHz)	Q= m.c.ΔT	ηE= $\frac{Q_{out}}{W_{in}} \times 100\%$
41,32	483,84 J	13,44%
39,84	408,24 J	11,34%
39,37	514,08 J	14,28%
38,46	594,72 J	16,52%
37,17	534,24 J	14,84%
35,97	614,88 J	17,08%
34,84	433,44 J	12,04%
33,89	413,28 J	11,48%

Hasil pengujian pengaruh frekuensi resonansi induksi dapat dilihat dalam bentuk grafik sebagai berikut



Gambar 4. Grafik Pengaruh Frekuensi Terhadap Efisiensi

Hasil pengujian pengaruh frekuensi resonansi induksi terhadap efisiensi energi. Pada pengujian alat dengan rentan frekuensi resonansi 33 kHz – 36 kHz didapatkan hasil efisiensi energi yang cenderung naik. Pengujian dengan frekuensi resonansi 37 kHz didapatkan efisiensi energi yang menurun. Pada pengujian dengan frekuensi resonansi 38 kHz efisiensi energi kembali naik. Pengujian dengan frekuensi resonansi 39 kHz kembali menunjukkan hasil yang cenderung menurun hingga didapatkan efisiensi energi terendah dalam pengujian yaitu 11,34 %. Pengujian terakhir dengan frekuensi 41 kHz kembali didapatkan efisiensi energi yang meningkat Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh frekuensi resonansi induksi terhadap efisiensi energi dapur induksi berbasis elektromagnetik bersifat fluktuatif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dapur induksi bekerja maksimal pada frekuensi resonansi 35,97 kHz dengan efisiensi energi yaitu sebesar 17,08% sedangkan efisiensi energi minimum pada frekuensi 39,84 kHz dengan efisiensi sebesar 11,34 %.

Kapasitor yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis MKP dengan nilai kapasitansi 0,33  $\mu\text{F}$ . Rangkaian kapasitor pada penelitian ini tersusun secara paralel. Nilai kapasitansi total pada penelitian ini dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_{\text{total}} = C \times n$$

$C_{\text{total}}$  = Total nilai kapasitansi kapasitor

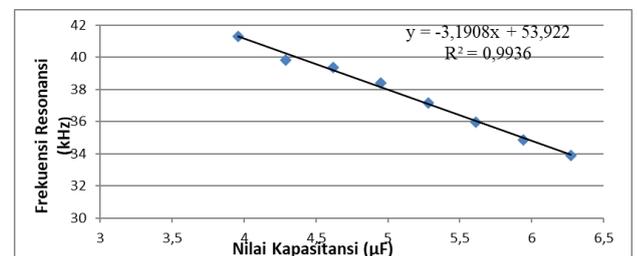
$C$  = Nilai kapasitansi kapasitor

$n$  = Jumlah kapasitor

Tabel 3. Pengaruh Nilai Kapasitansi Terhadap Frekuensi Resonansi

Nilai Kapasitansi ( $\mu\text{F}$ )	Frekuensi Resonansi (kHz)
3,96	41,32
4,29	39,84
4,62	39,37
4,95	38,41
5,28	37,17
5,61	35,97
5,94	34,84
6,27	33,89

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kapasitansi berpengaruh terhadap frekuensi resonansi induksi rangkaian pemanas induksi. Frekuensi resonansi tertinggi didapatkan pada pengujian dengan nilai kapasitansi 3,96  $\mu\text{F}$  yaitu 41,32 kHz sedangkan frekuensi resonansi terendah didapatkan pada pengujian dengan nilai kapasitansi 6,27  $\mu\text{F}$  yaitu sebesar 33,89 kHz



Gambar 5. Grafik Pengaruh Nilai Kapasitansi Terhadap Frekuensi

hasil pengujian nilai kapasitansi terhadap frekuensi resonansi induksi. Grafik tersebut didapatkan persamaan garis  $y = -3,1908x + 53,922$ . Persamaan titik frekuensi resonansi dipengaruhi oleh koefisien nilai kapasitansi. Persamaan tersebut hanya berlaku pada nilai kapasitansi 3,96  $\mu\text{F}$  – 6,27  $\mu\text{F}$ . Jika Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi nilai kapasitansi maka frekuensi resonansi menurun sebaliknya jika nilai kapasitansi semakin rendah maka frekuensi resonansi bertambah tinggi.

#### 4. KESIMPULAN

Frekuensi resonansi induksi dapat mempengaruhi efisiensi energi dapur induksi berbasis elektromagnetik. Efisiensi energi optimal didapatkan pada frekuensi resonansi induksi 35,97 kHz yaitu sebesar 17,08 %. Nilai kapasitansi kapasitor dapat mempengaruhi frekuensi resonansi induksi. Semakin tinggi nilai kapasitansi maka frekuensi resonansi induksi semakin menurun begitu sebaliknya. Penambahan jumlah kapasitor dapat menambah nilai kapasitansi sehingga mempengaruhi frekuensi resonansi yang dihasilkan rangkaian dapur induksi.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Lucia, Oscar and Maussion, Pascal and Dede, Enrique and Burdio, Jose M. (2013). *Induction Heating Technology and Its Applications: Past Developments, Current Technology, and Future Challenges*. IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 61., No 5. pp. 2509-2520.
- Sugiyono .(2015). Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D). Penerbit CV. Alfabeta: Bandung.
- Utari, E.L.(2017). *Perancangan Alat Induction Heating Pada Pengolahan Teh Sangrai Dengan Teknologi Energi Terbarukan (Solar Cell)*. Teknoin Vol. 23 No. 3 September 2017 : 211 – 222.
- Zulkarnaen, Y. (2013). *Perancangan Dan Pembuatan Pemanas Induksi Dengan Metode Pancake Coil Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535*. Jurnal Mahasiswa TEUB. Vol 2. No 2. Hal 1-6.