

## ANALISIS PENGARUH JUMLAH LILITAN KOIL PADA PEMANAS MENGGUNAKAN TERMOKOPEL TIPE K DENGAN METODE INDUKSI

Lukman Aditya, Eka Paksi Satrianto

**Abstrak** - Pemanas induksi merupakan teknologi yang sudah lama dibuat dan digunakan di dalam industri yang membutuhkan material logam dalam produksinya, biasanya dalam meleburkan bahan logam diperlukan bahan bakar yang lumayan banyak dikarenakan titik lebur logam sendiri cukup tinggi. Tujuan dibuatnya tugas akhir ini agar terciptanya rancangan simulasi pemanas yang sederhana dan efisien dengan menggunakan Pemanas Induksi berbasis mikrokontroler ATmega328 disertai Thermocouple type K sebagai sensor suhu yang akan mendeteksi suhu bahan uji yang dipanaskan dan mencari hasil waktu, kalor, daya dan arus dengan 3 variasi koil yang mana Koil 1 ketebalannya 2,5 mm dengan 5 lilitan, Koil 2 ketebalannya 2,5 mm dengan 8 lilitan dan Koil 3 ketebalannya 3 mm dengan 5 lilitan. Dengan dipanaskannya besi pada 3 macam Koil secara bergantian dari suhu awal besi 33,25 °C sehingga mencapai 100 °C, didapatkan hasil perhitungan Koil 1 menghasilkan kalor 1.501,875 Joule, daya 20,351 Watt dan kuat arus 1,696 A dengan pencapaian waktu 73,8 detik, Koil 2 menghasilkan kalor 1.501,875 Joule, daya 23,234 Watt dan kuat arus 1,936 A dengan pencapaian waktu detik 64,4 dan Koil 3 menghasilkan kalor 1.501,875 Joule, daya 17,69 Watt dan kuat arus 1,474 A dengan pencapaian waktu detik 84,9.

**Abstract** - Induction Heater is a technology that has long been made and used in industries that require metal materials in its production, usually in melting metal, a considerable amount of fuel is required because the melting point of the metal itself is quite high. The objective of this project is to create a simulated heating design that is simple and efficient using the ATmega328 microcontroller-based Induction Heater with Thermocouple type K as a temperature sensor which detects the temperature of the heated test material. The research objective is to find the results of time, heat, power and current from 3 variations of the Coil, which is Coil 1 with a thickness of 2,5 mm with 5 turns, Coil 2 with a thickness of 2,5 mm with 8 turns and coil 3 with a thickness of 3 mm with 5 turns. By heating the iron on 3 kinds of coils alternately from the initial temperature of the iron 33,25 °C to 100 °C, The results obtained from the calculation of Coil 1 produce heat of 1.501,875 Joule, 20,351 Watt of power and the current is 1,696 Ampere with its time result is 73,8 seconds, Coil 2 produces heat of 1.501,875 Joule, 23,234 Watts of power and the current is 1,936 Ampere with its time result is 64,4 seconds and Coil 3 produces heat of 1.501,875 Joule, 17,69 Watts of power and the current is 1,474 Ampere with its time result is 84,9 seconds.

**Keywords:** Induction Heater, ATmega328, MAX6675, Thermocouple Type-K

### 1. PENDAHULUAN

Pemanas induksi merupakan teknologi yang sudah lama dibuat dan digunakan di dalam industri yang membutuhkan material logam dalam produksinya. Dalam proses produksinya membutuhkan peleburan logam untuk mempermudah pekerjaan dalam

menghasilkan produk mereka masing-masing, dalam pemrosesannya logam dilebur untuk membentuk pola – pola yang sudah direncanakan. Biasanya dalam meleburkan bahan logam diperlukan bahan bakar yang lumayan banyak dikarenakan titik lebur

logam sendiri cukup tinggi dan diproduksi cukup banyak. Proses pemanasannya mungkin bisa membahayakan para pekerja karena suhu yang dihasilkan tungku sangat tinggi. Teknologi Pemanas Induksi ini terus berkembang dari masa ke masa. Pada masa lalu, pemanas induksi masih menggunakan teknologi yang sederhana pada masanya, sehingga ukuran dimensinya berukuran besar. Dengan berkembangnya kemajuan teknologi elektronika daya, Pemanas Induksi dapat dibuat lebih sederhana dengan dimensi yang kecil.

Oleh karena itu tujuan dibuatnya tugas akhir ini agar terciptanya rancangan simulasi pemanas yang sederhana dan efisien dengan menggunakan Pemanas Induksi atau Induction Heater berbasis mikrokontroler ATmega328 disertai Thermocouple type K sebagai sensor suhu yang akan mendeteksi suhu bahan uji, dimana jika suhu bahan uji melebihi batas yang ditentukan maka rancangan ini akan mati secara sendirinya.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1. Pemanas Induksi

Pemanas Induksi adalah timbulnya panas pada logam yang terkena induksi medan magnet, hal ini disebabkan karena pada logam timbul arus *Eddy* atau arus pusar yang arahnya melingkar melingkupi medan magnet terjadinya arus pusar akibat dari induksi magnet yang menimbulkan fluks magnetik yang menembus logam, sehingga menyebabkan panas pada logam yang akan dipanaskan.

Induksi magnet adalah besarnya medan magnet akibat arus listrik yang mengalir dalam konduktor. Pemanasan induksi juga disebut sebagai proses pemanasan non-kontak yang menggunakan listrik frekuensi tinggi untuk menghasilkan panas yang konduktif secara elektrik. Karena non-kontak, proses pemanasan tidak mencemari bahan yang sedang dipanaskan. Hal ini juga sangat efisien karena panas yang sebenarnya dihasilkan di dalam benda kerja, ini dapat dibandingkan dengan metode pemanasan lain dimana panas yang dihasilkan dalam

elemen api atau pemanas, yang kemudian diterapkan pada benda kerja. Untuk alasan ini, pemanas induksi cocok untuk beberapa aplikasi yang unik dalam industri [3].

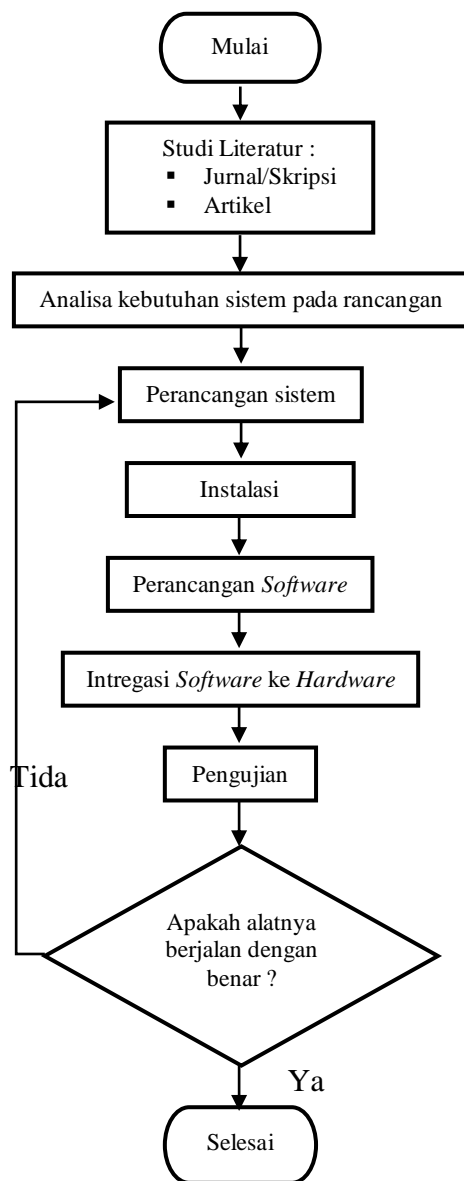
Dari prinsip kerjanya sebuah sumber listrik digunakan untuk menggerakkan sebuah arus AC yang besar melalui sebuah koil induksi. Koil induksi ini disebut sebagai koil kerja. Aliran arus yang melalui kumparan ini menghasilkan medan magnet yang sangat kuat dan cepat berubah dalam kumparan kerja. Bahan uji yang akan dipanaskan ditempatkan dalam medan magnet ini dengan arus AC yang sangat kuat. Ketika sebuah beban masuk dalam kumparan kerja yang dialiri oleh arus AC, maka nilai arus yang mengalir akan mengikuti besarnya sesuai dengan nilai beban yang masuk.

Medan magnet yang tinggi dapat menyebabkan sebuah beban dalam kumparan kerja tersebut melepaskan panasnya, sehingga panas yang ditimbulkan oleh beban tersebut justru dapat melelehkan beban itu sendiri. Karena panas yang dialami oleh beban akan semakin tinggi, hingga mencapai nilai titik leburnya [2].

### 2.2. Arus Eddy (*Eddy Current*)

Pada saat arus bolak-balik (AC) mengalir pada setiap konduktor maka akan timbul medan magnet bolak-balik disekitar tepat tersebut. Begitu pula pada saat setiap bahan konduktif ditempatkan dalam medan magnet bolak-balik maka aliran arus akan timbul dalam bahan tersebut. Arus yang timbul pada bahan akan melawan medan magnet yang dibangkitkan, hal ini cenderung menghilangkan medan magnet. Karena fluks eksternal harus menembus permukaan sebelum mencapai bagian dalam bahan konduktif ini, maka aliran arus akan lebih dekat ke permukaan. Intensitas medan magnet yang digunakan untuk melawan arus akan menyimpan arus didalam bahan tersebut dimana intensitas tersebut merupakan fungsi dari frekuensi [2].

## 3. METODE PENELITIAN



**Gambar 3.1.** Diagram Alir Penelitian

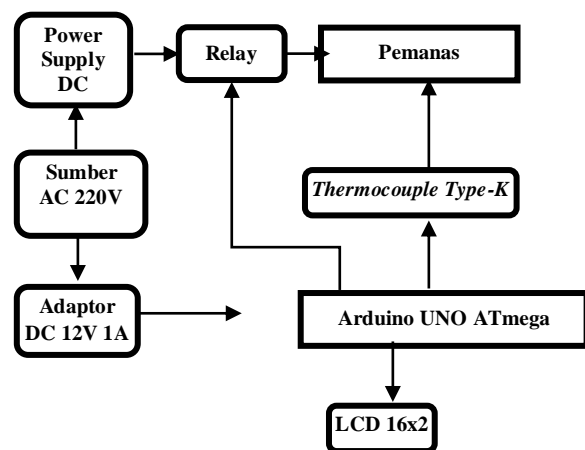
Gambar sebelumnya merupakan diagram alir yang berisi tahapan – tahapan proses penelitian yang dilakukan peneliti dalam pembuatan tugas akhir.

**3.1. Waktu dan Tempat**

Waktu dan tempat penelitian serta pengumpulan komponen dilakukan dan disusun pada 6 Juli 2020 s.d 2 Agustus 2020 yang dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Krinsadwipayana.

**3.2. Diagram Blok**

Dalam rancangan penelitian ini terdiri dari perancangan Pemanas Induksi dengan *microcontroller* Arduino Uno ATmega 328 yang diprogram menggunakan aplikasi IDE Arduino untuk mengontrol serta memonitoring Pemanas Induksi. Adapun rancangan software dan hardware penelitian ini dapat digambarkan dalam blok diagram sebagai berikut :



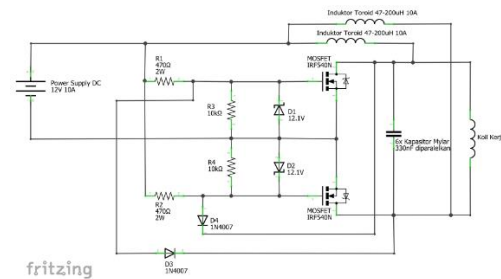
**Gambar 3.2** Diagram Blok Sistem Pemanas Induksi

Pada Gambar 3.2 menggambarkan fungsi masing – masing blok diagram dari rangkaian Pemanas Induksi. Arus listrik AC 220 V memberi tegangan pada Power Supply DC 12 V dan Adaptor DC 12 V. Power supply DC 12 V mensupply Pemanas Induksi dan Adaptor DC 12 V mensupply mikrokontroler Arduino, sensor suhu Thermocouple Type - K memberi tegangan suhu pada benda uji Pemanas Induksi, lalu tegangan sensor Thermocouple Type - K dibaca oleh mikrokontroler mengirim sinyal pada relay dari input suhu Thermocouple Type - K yang telah diatur dalam mikrokontroler, sehingga relay langsung OFF dan menghentikan pemanasan tanda proses pemanasan selesai dan mikrokontroler menampilkan temperatur benda uji pada LCD.

**3.3. Rancangan Pemanas Induksi**

Berikut ini peneliti merancang gambar rangkaian yang dibuat menggunakan

aplikasi Fritzing dan juga bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan Pemanas Induksi. Pemanas Induksi ini akan berfungsi dalam pemanasan bahan uji dengan sumber Power Supply DC 12V 10A.



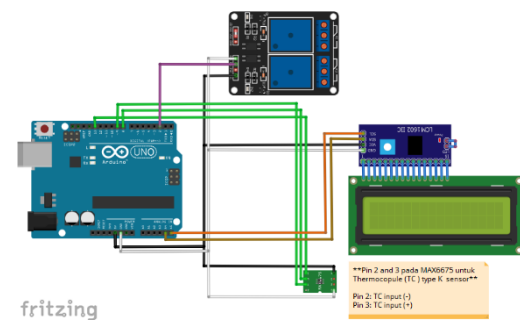
**Gambar 3.4** Rangkaian Pemanas Induksi

Bahan – bahan komponen :

- a) Power Supply DC 12V 10A
- b) Resistor 10k 2 buah
- c) Resistor 470 Ohm 2 Watt 2 buah
- d) Kapasitor 330 nF 630 Volt 6 buah
- e) Dioda 1N4007 2 buah
- f) Dioda Zener 12 Volt 2 buah
- g) Mosfet IRF540N 2 buah
- h) Toroid Inductor 50  $\mu$ H 10 A 2 buah
- i) Koil Induksi

**3.4. Rancangan Mikrokontroler**

Berikut ini peneliti merancang gambar rangkaian dan juga bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan mikrokontroler yang didesain menggunakan aplikasi Fritzing. Mikrokontroler ini akan memonitor bahan uji yang dipanaskan pada Pemanas Induksi, dengan cara membaca suhu serta menampilkan suhu dari bahan uji yang dipanaskan serta mematikan otomatis jika suhu sudah mencapai batas yang ditentukan.



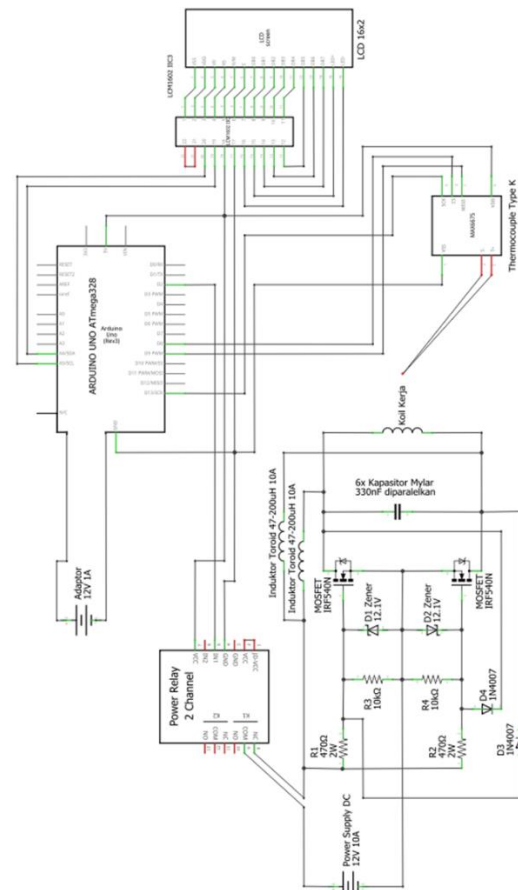
**Gambar 3.6.** Gambaran Nyata Rangkaian Mikrokontroler

Bahan – bahan komponen :

- a) Adaptor DC 12V 1A
- b) Arduino UNO ATmega 328
- c) Modul MAX6675 Thermocouple Type – K
- d) Relay 2 Module 5V
- e) LCD 16x2 with I2C Module

**3.5. Rancangan Keseluruhan**

Perancangan keseluruhan terdiri dari rancangan Pemanas Induksi dan rancangan Mikrokontroler, dimana kedua rangkaian ini akan bekerja sama pada pengaplikasiannya. Berikut adalah rancangan gambar rangkaian dari keseluruhan :



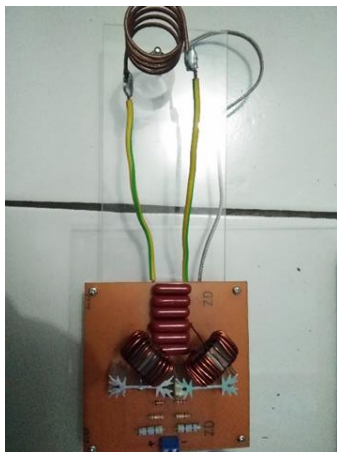
**Gambar 3.7.** Rangkaian Keseluruhan

Setelah dirancang selanjutnya alat dibuat sesuai ketentuan dan kebutuhan pada

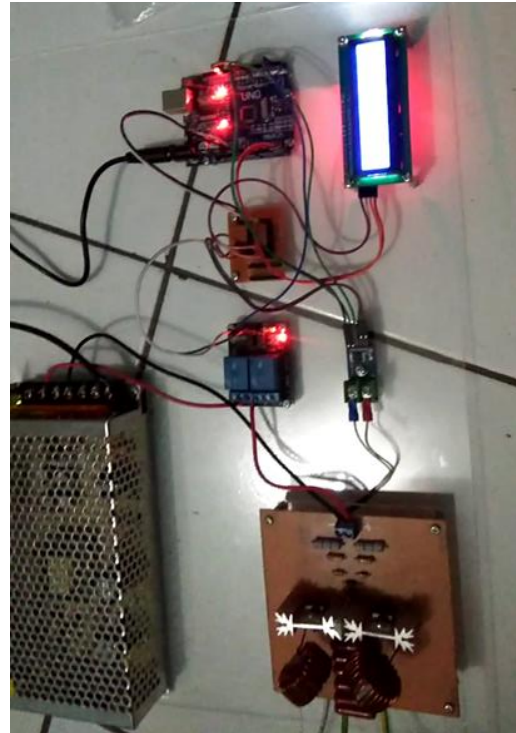
rancangan, berikut adalah gambaran alat yang telah diselesaikan sesuai rancangan :



**Gambar 3.8.** Rancangan Mikrokontroler



**Gambar 3.9.** Rancangan Pemanas Induksi

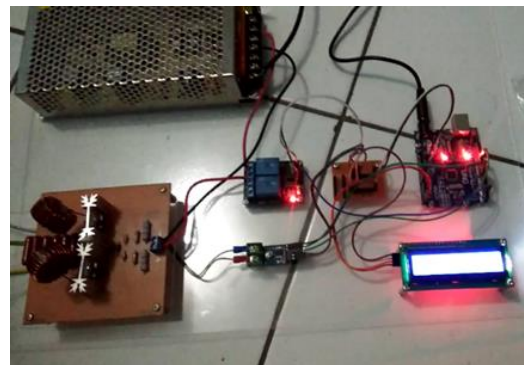


**Gambar 3.10.** Rancangan Keseluruhan

### 3.6. Langkah – Langkah Pengujian

Bagian ini berisi tahapan - tahapan pengujian alat sesuai dengan penelitian yang dilakukan :

- a) Setelah Alat dinyalakan, tunggu arduino *starting* dahulu.



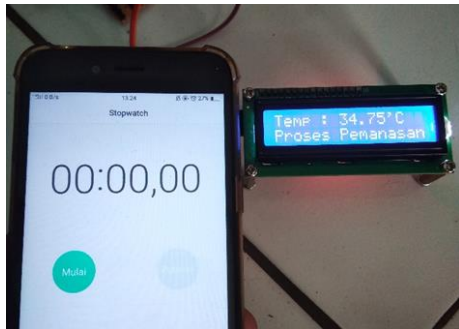
**Gambar 3.15.** *Starting* Alat

- b) Masukkan objek pengujian pada lilitan induksi.



**Gambar 3.16.** Pemasukkan Besi pada Koil

c) Set waktu saat pemanasan.



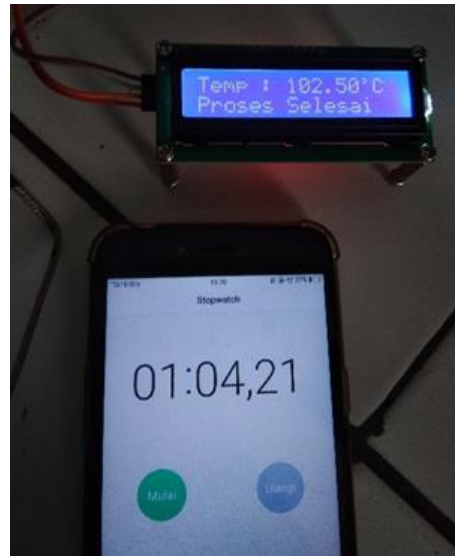
**Gambar 3.17.** Set Waktu

d) Menunggu proses pemanasan.



**Gambar 3.18.** Proses Pemanasan

e) Setelah mencapai suhu 100 °C , relay secara otomatis mematikan pemanas induksi dan proses pemanasan selesai. Catat dan masukkan waktu pada tabel pengujian.



**Gambar 3.19.** Proses Pemanasan Selesai

#### 4. PENGUJIAN dan ANALISA

**Tabel 4.1.** Variasi Koil Pemanas

No.	Diameter Kawat Tembaga (mm)	Jumlah Lilitan
1	2,5	5
2	2,5	8
3	3	5

Dalam pengujian ini menggunakan 3 macam Koil seperti di atas dan besi berdiameter 10 mm dengan berat 50 gr sebagai bahan yang akan dipanaskan.

##### 4.1. Pengujian Waktu

Pengujian dimulai saat rancangan dinyalakan dan bahan uji sudah diletakkan pada koil pemanas. Dalam pengujian ini membutuhkan stopwatch untuk menghitung waktu yang dihasilkan dari suhu awal dan suhu akhir, jadi sebelum dinyalakan suhu awalnya (°C) akan dicek terlebih dahulu.

**Tabel 4.2.** Pengujian Waktu

Jenis Koil	Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	Waktu (detik)
Koil 1	33,25	100	73,8
Koil 2	33,25	100	64,4
Koil 3	33,25	100	84,9

### 4.2. Penghitungan Kalor

Pengujian ini dilakukan setelah Pengujian Waktu selesai. Data dari Tabel 4.2. akan menjadi acuan dalam persamaan rumus (2.1), setelah penghitungan selesai, data akan dimasukkan pada Tabel 4.3.

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$\Delta T = 100 - 33,25 = 66,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m = 50 \text{ gr} = 0,050 \text{ kg}$$

$$c = 450 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$Q = 0,050 \text{ kg} \cdot 450 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 66,75^\circ\text{C} \\ = 1.501,875 \text{ Joule}$$

Tabel 4.3. Penghitungan Kalor

Jenis Koil	Waktu (detik)	Kalor (Joule)
Koil 1	73,8	1.501,875
Koil 2	64,4	1.501,875
Koil 3	84,9	1.501,875

Dari hasil Tabel 4.3. bisa diketahui jumlah kalor dari pengujian sama, karena suhu awal dipersiapkan pada suhu 33,25 °C dan suhu akhir sudah ditetapkan peneliti pada mikrokontroler yaitu 100 °C.

### 4.3. Penghitungan Daya dan Arus

Setelah diketahui waktu dan kalor dari Pemanas Induksi, maka dapat juga dicari berapa daya yang diserap oleh logam dalam waktu pemanasan dengan persamaan rumus (2.1), Tabel berikut ini berisi hasil perhitungan daya yang terpakai pada proses Pemanasan Induksi dengan memanaskan logam besi, data ini dihitung menggunakan persamaan rumus (2.3).

$$P = \frac{Q}{\Delta t}$$

a) .....  
oil 1

$$Q = 1.501,875 \text{ Joule} \\ \Delta t = 73,8 \text{ detik}$$

$$P = \frac{1.501,875 \text{ Joule}}{73,8 \text{ s}} = 20,351 \text{ Watt}$$

Dari hasil di atas dapat diketahui daya yang dikeluarkan pemanas adalah 20,351 Watt. Sehingga bisa diketahui Arusnya melalui rumus daya  $P = V \cdot I$  atau  $I = \frac{P}{V}$  dengan tegangan 12V sesuai

$$\text{Power Supply,} \\ I = \frac{20,351 \text{ Watt}}{12 \text{ Volt}} = 1,696 \text{ A.}$$

b) .....  
oil 2

$$Q = 1.501,875 \text{ Joule} \\ \Delta t = 64,4 \text{ detik}$$

$$P = \frac{1.501,875 \text{ Joule}}{64,4 \text{ s}} = 23,234 \text{ Watt}$$

Dari hasil di atas dapat diketahui daya yang dikeluarkan pemanas adalah 23,234 Watt. Sehingga bisa diketahui Arusnya melalui rumus daya  $P = V \cdot I$  atau  $I = \frac{P}{V}$  dengan tegangan 12V sesuai

$$\text{Power Supply,} \\ I = \frac{23,234 \text{ Watt}}{12 \text{ Volt}} = 1,936 \text{ A.}$$

c) .....  
oil 3

$$Q = 1.501,875 \text{ Joule} \\ \Delta t = 84,9 \text{ detik}$$

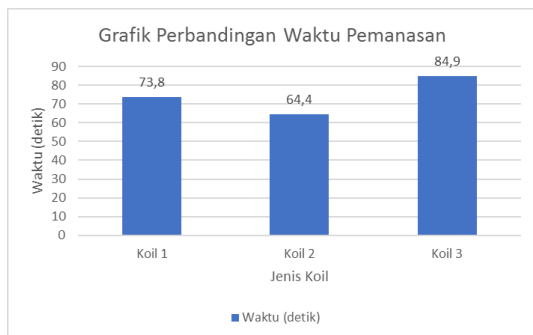
$$P = \frac{1.501,875 \text{ Joule}}{84,9 \text{ s}} = 17,69 \text{ Watt}$$

Dari hasil di atas dapat diketahui daya yang dikeluarkan pemanas adalah 17,69 Watt. Sehingga bisa diketahui Arusnya melalui rumus daya  $P = V \cdot I$  atau  $I = \frac{P}{V}$  dengan tegangan 12V sesuai Power Supply,  $I = \frac{17,69 \text{ Watt}}{12 \text{ Volt}} = 1,474 \text{ A.}$

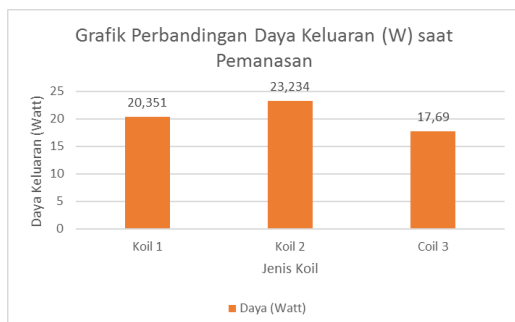
**Tabel 4.4.** Hasil Penghitungan Keseluruhan

Jenis Koil	$\Delta T$ (°C)	Waktu (detik)	Daya (Watt)	Arus (A)
Koil 1	66,75	73,8	20,351	1,696
Koil 2	66,75	64,4	23,234	1,936
Koil 3	66,75	84,9	17,69	1,474

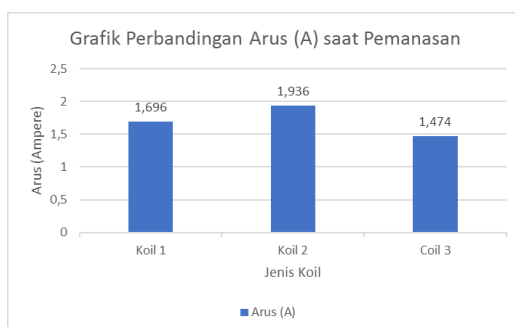
Berikut adalah gambar grafik dari hasil beberapa pengujian yang telah dilakukan :



**Gambar 4.1.** Grafik Perbandingan Waktu Pemanasan



**Gambar 4.2.** Grafik Perbandingan Daya (W) keluaran saat Pemanasan



**Gambar 4.3.** Grafik Perbandingan Arus (A) keluaran saat Pemanasan

**4.1. Penghitungan Induksi Magnet Koil**  
Berikut penghitungan induksi magnet pada setiap Koil dengan memasukkan persamaan (2.5). Dalam penghitungan ini, kuat arus diambil dari data Tabel 4.3. sesuai dengan arus masing – masing koil.

$$B = \mu_0 \times n \times I$$

Keterangan :

B = Induksi Magnetik (Tesla)

$\mu_0$  = Permeabilitas Magnetik  
=  $4\pi \cdot 10^{-4}$

n = Jumlah Lilitan

I = Kuat Arus (Ampere)

a) *Koil 1*

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-4}$$

$$n = 5$$

$$I = 1,696 \text{ A}$$

$$B = 4\pi \cdot 10^{-4} \times 5 \times 1,696$$

$$= 0,0107 \text{ T}$$

b) *Koil 2*

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-4}$$

$$n = 8$$

$$I = 1,936 \text{ A}$$

$$B = 4\pi \cdot 10^{-4} \times 8 \times 1,936$$

$$= 0,0195 \text{ T}$$

c) *Koil 3*

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-4}$$

$$n = 5$$

$$I = 1,474 \text{ A}$$

$$B = 4\pi \cdot 10^{-4} \times 5 \times 1,474$$

$$= 0,0093 \text{ T}$$

**4.2. Penghitungan Arus Eddy (Eddy Current)**



Setelah mengetahui induksi magnet, data bisa dimasukkan pada rumus Eddy Current. Periode gelombang tegangan keluaran DC sama dengan periode tegangan masukan, sehingga nilai frekuensi gelombang tegangan keluaran sama dengan frekuensi gelombang masukan dari sumber. Bila frekuensi tegangan masukan 50 Hz, maka frekuensi tegangan keluaran DC juga 50 Hz [8].

$$P_e = k_e \cdot f^2 \cdot B_{maks}^2$$

Keterangan :

$P_e$  = Rugi-rugi arus Eddy (Watt)

$k_e$  = Konstanta Eddy =  $9,16 \times 10^{-4}$

$f$  = Frekuensi (Hz)

$B_{maks}$  = Fluks Maksimum (T)

a) *Koil 1*

$$k_e = 9,16 \times 10^{-4}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$B_{maks} = 0,0107 \text{ T}$$

$$P_e = 9,16 \cdot 10^{-4} \cdot 50^2 \cdot 0,0107^2 \\ = 26,218 \times 10^{-5} \text{ Watt}$$

b) *Koil 2*

$$k_e = 9,16 \times 10^{-4}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$B_{maks} = 0,0195 \text{ T}$$

$$P_e = 9,16 \cdot 10^{-4} \cdot 50^2 \cdot 0,0195^2 \\ = 87,077 \times 10^{-5} \text{ Watt}$$

c) *Koil 3*

$$k_e = 9,16 \times 10^{-4}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$B_{maks} = 0,0093 \text{ T}$$

$$P_e = 9,16 \cdot 10^{-4} \cdot 50^2 \cdot 0,0093^2 \\ = 19,806 \times 10^{-5} \text{ Watt}$$

**Tabel 4.5.** Hasil Penghitungan Arus Eddy

Jenis Koil	Induksi Magnet (Tesla)	Arus Eddy (Watt)
Koil 1	0,0107	$26,218 \times 10^{-5}$
Koil 2	0,0195	$87,077 \times 10^{-5}$
Koil 3	0,0093	$19,806 \times 10^{-5}$

## 5. KESIMPULAN

Dalam percobaan alat Pemanas Induksi ini menggunakan 3 jenis koil berbeda, yaitu Koil 1 diameter 2,5 cm dengan lilitan 5, Koil 2 diameter 2,5 cm dengan lilitan 8 dan Koil 3 diameter 3 cm dengan lilitan 5. Bahan uji yang dipanaskan berupa besi berdiameter 10 mm dan berat 50 gr dengan beberapa analisa dari lilitannya dan Eddy Current yang dihasilkan.

Dalam pengujian lilitan, semua koil diuji seberapa cepat memanaskan besi mencapai suhu 100 oC yang dimulai dari suhu awal 33,25 oC mendapatkan hasil Koil 1 secepat 73,8 detik, Koil 2 secepat 64,4 detik dan Koil 3 secepat 84,9 detik dengan menghasilkan kalor 1.501,875 Joule.

Dari hasil waktu dan kalor dapat dihitung daya dan arusnya yang hasilnya adalah Koil 1 dayanya sebesar 20,351 Watt dengan kuat arus 1,696 A, Koil 2 dayanya sebesar 23,234 Watt dengan kuat arus 1,936 A dan Koil 3 dayanya sebesar 17,69 Watt dengan kuat arus 1,474 A.

Dalam penghitungan Eddy Current, Koil 2 mendapat hasil terbesar yaitu  $87,077 \times 10^{-5}$  Watt.

Dari penghitungan keseluruhan menunjukkan Koil 2 adalah yang paling efisien, karena menghasilkan pemanasan paling baik dilihat dari hasil waktu, Daya, Kuat Arus yang dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] Hakiki, M. Firman dan Dyah Riandari. (2018). "Rancang Bangun Sistem Induction Heater Berbasis Mikrokontroler ATmega 328". Universitas Negeri Surabaya : Surabaya.

- [2] Nababan, J. Wandes. (2015). “Rancang Bangun Pemanas Induksi Berdaya Rendah dengan Menggunakan Solenoid Coil Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535”. Universitas Sumatera Utara : Medan.
- [3] Noviansyah, Ryan. (2012). “Pemanas Induksi (Induction Heating) Kapasitas 200 Watt”. Jurnal Ilmiah Universitas Gunadarma : Jakarta.
- [4] Rencono, A. Wati. (2000). “Desain dan Analisa Pemanas Induksi”. Universitas Katolik Soegijapranata : Semarang.
- [5] Wicaksono, A. (2015). “Pengaruh Beban pada Pengukuran Frekuensi Menggunakan Frekuensi Meter Digital Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535”. Universitas Lampung : Bandar Lampung.
- [6] Lubis, W.T.S. (2017). “Rancang Bangun Inkubator Skala Laboratorium dengan Sistem Pemanas Induksi (Induction Heating) Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535”. Universitas Lampung : Bandar Lampung.
- [7] Wahyudi, W. dan Santosa, T. H. A. (2008). “Pengaruh Penambahan Limbah Peternakan Pada Karakteristik Pembakaran Batubara”. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta: Yogyakarta.
- [8] Zakaria, I. (2019). “Rancang Bangun Monitoring Keamanan Pintu Berbasis Arduino Menggunakan Radio Frequency Identification Dan Ip Camera Pada Ruang R6 Teknik Komputer”. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [9] Arduino, S. (2016). “Mengenal Arduino Software (IDE)”. Diakses dari : <https://www.sinuarduino.com/artikel/mengenal-arduino-software-ide/>.
- [10] Kho,D.<https://teknikelektronika.com/>.