

Rancang Bangun Pemanas Induksi dengan Metode *Multiturn Helical Coil*

Arif Wahyu Budiarto* dan M. Syafei Gozali

Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

*Email: arifwahyu@polibatam.ac.id

Abstrak—Pemanas induksi merupakan sumber *renewable energy* di bidang pemanasan baik itu logam ataupun yang lainnya. Keunggulan dari pemanasan induksi ini adalah lebih ramah lingkungan karena tidak memiliki gas buang dan sisa sampah pembakaran. Dalam penelitian ini penulis membuat sebuah pemanas induksi dengan menggunakan metode *multiturn helical coil*. Metode *multiturn helical coil* merupakan sebuah metode yang membuat kumparan kerja dibuat secara melingkar ke arah vertikal. Metode ini banyak digunakan untuk memanaskan sebuah logam. Dalam pengujian ini volume dari material yang diuji sama yaitu sekitar 35,4 cm³. Setelah dilakukannya pengujian, didapat hasil konsumsi daya untuk memanaskan sebuah benda hingga suhu 100 °C adalah 120 watt dengan daya dari catu daya 10 A, 12 V_{DC}. Konsumsi daya tersebut lebih rendah jika dibandingkan dengan produk sejenis yaitu kompor induksi yang ada di pasaran dengan suhu untuk memasak sekitar 100 °C memiliki konsumsi daya 300 watt hingga 1000 watt.

Kata kunci: Pemanas Induksi, *Multiturn Helical Coil*

I. PENDAHULUAN

Pemanas induksi merupakan salah satu produk teknologi yang sudah lama dibuat dan digunakan di dalam industri dan rumah tangga. Pada masa perang dunia II, teknologi ini juga digunakan untuk keperluan peleburan dan pembentukan logam didalam industri senjata dan alat berat, salah satu aplikasi produk yang telah ada dan banyak kita temukan adalah kompor induksi [1]. Pemanas induksi sendiri atau biasa yang disebut *induction heating* merupakan suatu proses dimana benda yang akan dipanaskan diletakkan diatas kumparan (metode *pancake bowl*) atau diletakkan di tengah-tengah lingkaran kumparan yang berbentuk spiral (metode *multiturn helical coil*). Pemanasan dengan metode induksi ini merupakan sistem pemanasan yang tidak ada kontak langsung dengan *heaternya*, tetapi yang dimanfaatkan dan digunakan sebagai media yang dapat membuat panas adalah gelombang magnet yang dihasilkan dari kumparan tersebut.

Kekurangan dari pemanas dengan menggunakan induksi ini terutama jika digunakan untuk kompor induksi ialah bahan yang digunakan (panci, wajan, atau alat masak lainnya) harus mempunyai medan magnet. Jika bahan yang digunakan seperti

panci, wajan, dan peralatan masak lainnya tidak memiliki medan magnet maka proses pemanasan akan memakan waktu yang sangat lama.

II. TEORI

A. Pemanas Induksi

Pemanas induksi adalah timbulnya panas pada logam yang terkena induksi medan magnet. 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. Induksi magnet adalah kuat medan magnet akibat adanya arus listrik yang mengalir dalam konduktor. Dalam sebuah proses pemanasan, apabila sebuah *coil* di aliri arus listrik, maka besarnya daya yang diberikan pada *coil* dapat dihitung berdasarkan (1) [2].

$$E = i^2 \cdot r \cdot t = v \cdot i \cdot t \quad (1)$$

E (satuan Wh) merupakan daya yang dibutuhkan dalam melakukan pemanasan, sedangkan i (satuan A) merupakan arus yang mengalir pada rangkaian. r (satuan Ohm) merupakan nilai tahanan dari *coil* yang digunakan. v (satuan Volt) merupakan tegangan supply yang digunakan dan t (satuan jam) merupakan lama waktu pemanasan yang diperlukan. Formula (1) dapat digunakan untuk menghitung energi yang dibutuhkan dalam melakukan pemanasan ataupun menghitung daya yang mengalir pada beban dalam waktu tertentu.

Panas yang dihasilkan untuk menaikkan tempratur benda kerja dapat dihitung dengan menggunakan (2)[3], di mana Q merupakan kalor (panas) yang dihasilkan dalam melakukan sebuah pemanasan, sedangkan m merupakan massa dari sebuah benda yang dipanaskan tersebut. c merupakan kalor jenis dari material tersebut dan Δt merupakan waktu total yang dibutuhkan dalam melakukan proses pemanasan.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (2)$$

Efek pemanasan dari benda kerja yang disebabkan oleh arus *Eddy* timbul akibat arus bolak-balik pada *coil*. Besarnya penetrasi panas kedalam benda kerja yang dipengaruhi arus bolak-balik dapat dihitung dengan persamaan (3) [2]. δ

merupakan kedalaman dari panas yang dihasilkan pada material yang diuji, sedangkan f (Hz) merupakan frekuensi yang dihasilkan dari proses *switching* dan *Inverter* yang telah dilakukan. Sedangkan μ dan σ merupakan nilai karakter dari sebuah material yang akan diuji. Persamaan (3) dapat digunakan untuk melakukan sebuah pemodelan tentang penyebaran panas yang dihasilkan.

$$\delta = \frac{1}{\pi \cdot f \mu \cdot \sigma} \quad (3)$$

B. Arus Pusar (Eddy Current)

Eddy current merupakan induksi arus bolak balik di dalam material konduktif oleh medan magnetik bolak balik (yang dihasilkan oleh arus bolak balik tersebut). Pada saat arus melalui potongan sebuah kawat, medan listrik akan muncul disekitar kawat tersebut. Prinsip kerja *Eddy current* didasarkan pada hukum Faraday yang menyatakan bahwa pada saat sebuah konduktor dipotong, garis-garis gaya elektromotif (EMF) akan terinduksi kedalam konduktor. Besarnya EMF bergantung pada ukuran, kekuatan dan kerapatan medan magnet, kecepatan pada saat garis-garis gaya magnet dipotong, dan kualitas konduktor. *Eddy current* menggambarkan bentuk lingkaran dari arus induksi pada konduktor. Sedangkan kekuatan dari medan magnetik tersebut menyatakan jumlah lilitan dan arus dalam kumparan probe tersebut.

C. Heater Metode Multiturn Helical Coil

Prinsip *heater* dengan metode *multiturn helical coil* ialah model *heater* yang digulung secara vertikal. Cara pemanasan dengan menggunakan *heater* metode *multiturn helical coil* berbeda dengan pemanasan menggunakan *heater pancake coil*. Pada metode *multiturn helical coil*, proses pemanasannya berada di tengah kumparan *coil* tersebut. Proses pemanasan ini cocok dilakukan untuk pemanasan batang logam yang berbentuk lingkaran atau persegi. Adapun dalam membuat desain suatu *coil*, hal yang harus pertama di hitung adalah jumlah lilitannya seperti persamaan (4) [3]. N merupakan jumlah lilitan pada *coil* kumparan kerja, l_w merupakan panjang kawat email yang digunakan (m), d_c merupakan diameter dari konduktor yang digunakan.

$$N = \frac{l_w}{d_c + c_p} \quad (4)$$

D. Power Supply

Power supply merupakan sebuah peralatan elektronika yang berfungsi sebagai pengubah dari tegangan AC jala-jala menjadi tegangan DC. Di dalam *Power supply* terdapat beberapa bagian yang merubah tegangan AC jala-jala hingga menjadi tegangan DC murni. Di dalam rangkaian *Power supply* terdapat beberapa komponen, seperti transformator yang berfungsi sebagai penurun tegangan dari tegangan input (PLN) menjadi tegangan AC yang lebih rendah. Selain transformator, terdapat juga dioda *bridge* yang berfungsi

sebagai penyearah tegangan AC jala-jala menjadi tegangan DC. Tegangan dan arus pada power supply dapat dilihat pada (5), (6), dan (7). Dimana, V_o (Volt) merupakan tegangan *output* dari rangkaian penyearah, V_m (Volt) merupakan tegangan puncak yang terukur pada osiloskop. Tegangan puncak tersebut diukur dari titik nol hingga titik puncak gelombangnya. Sedangkan I_o (A) merupakan nilai arus yang terukur pada multimeter dan yang mengalir pada beban dan I_m (A) merupakan nilai arus maksimal yang dapat mengalir pada beban.

$$V_o = V_m \times 0,636 \quad (5)$$

$$V_m = \frac{V_o}{0,636} \quad (6)$$

$$I_m = \frac{I_o}{0,636} \quad (7)$$

E. Inverter Setengah Jembatan

Inverter [4] merupakan sebuah piranti yang dapat mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan frekuensi tertentu. Frekuensi yang dihasilkan disebabkan oleh proses *switching* mosfet. Persamaan (8) menentukan berapa tinggi frekuensi yang dapat dihasilkan dari proses *switching* di mana, f (Hz) merupakan nilai dari frekuensi yang dihasilkan, L (H) merupakan nilai dari induktor atau lilitan yang digunakan dan C (F) merupakan kapasitas pada kapasitor yang digunakan pada *inverter* tersebut.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (8)$$

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Hardware Pemanas Induksi

Input tegangan *power supply* adalah tegangan DC. Keluaran dari *power supply* kemudian masuk ke rangkaian *driver*. Rangkaian *driver* ini berfungsi sebagai penghasil sinyal yang akan dikeluarkan melalui *heater* dalam bentuk arus dengan frekuensi tinggi. *Heater coil* merupakan *output* dari rangkaian *induction heating*. *Heater coil* pada rangkaian ini berfungsi sebagai media untuk memanaskan logam. Logam yang digunakan sebagai beban yang dipanaskan dengan menggunakan pemanasan induksi (*induction heating*) adalah *steel*, aluminium, dan *copper*.

B. Desain Coil Kumparan Kerja

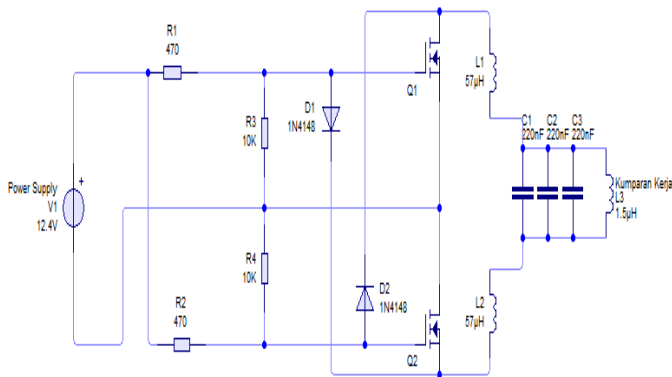
Berikut adalah perhitungan desain dari *coil* kumparan kerja pada pemanas induksi ini. Diameter *coil* yang digunakan adalah 0,003 m. Kelas *coil* yang digunakan adalah kelas 2. Temperatur *coil* diatur hingga 200 °C. Panjang material yang diuji adalah 0.039 m. Jumlah lilitan dihitung sebagai berikut:

$$N = \frac{l_w}{d_c + c_p} = \frac{0.039}{0.003 + 0.000022} = 12,9 \cong 13$$

Dengan demikian, dengan panjang material yang akan diuji sepanjang 3.9 cm, banyak lilitan yang akan digunakan adalah sebanyak 13 lilitan.

C. Perancangan Elektronik

Pada Gambar 1 terdapat buah mosfet yang berfungsi sebagai *switching* dan untuk membangkitkan frekuensi tinggi yang digunakan untuk memanaskan material. Diode 1N4148 merupakan dioda *high speed switching* yang berfungsi sebagai *trigger* mosfet dan membuat dua buah mosfet ini bekerja secara bergantian. Pada rangkaian dalam Gambar 1 terdapat juga dua buah induktor yang berfungsi membuat hasil gelombang *output* dari *induction heating* berbentuk sinusoidal.



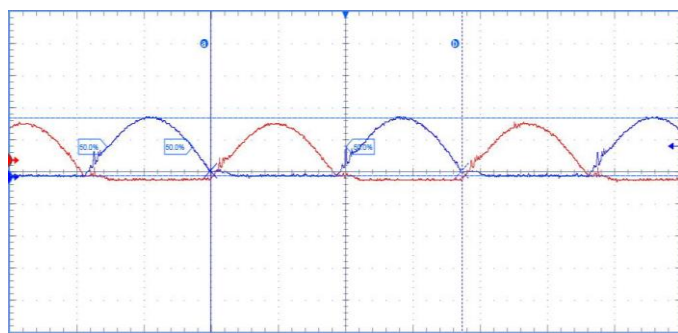
Gambar 1. Rangkaian *induction heating*

IV. HASIL

A. Hasil Pengujian Output Mosfet

Gambar 2 menggambarkan gelombang *output* dari mosfet. Pada Gambar 2, pengujian dilakukan pada kaki *drain-source* mosfet IRF540N. Terlihat pada gambar tersebut bahwa gelombang *output* bekerja secara bergantian, gelombang warna merah merupakan gelombang *output* mosfet pertama dan gelombang warna biru merupakan gelombang *output* mosfet kedua. Hasil yang didapat adalah sebagai berikut.

- Frekuensi : 133,69 kHz
- *Duty cycle* : 50%
- V_{PP} : 36,8 Volt



Gambar 2. Gelombang *output* dari mosfet

Gambar 3 merupakan gelombang *output* dari pemanas induksi (*induction heater*), pengukuran dilakukan pada *output* rangkaian. Gelombang yang berwarna merah merupakan

tegangan sedangkan gelombang yang berwarna ungu merupakan arus. Pada gambar tersebut dapat dilihat hasil tegangan dan arus membentuk gelombang yang sefasa; hal itu disebabkan karena penggunaan kapasitor yang dipasang secara paralel yang berfungsi sebagai perbaikan faktor daya sehingga hasil gelombang yang keluar menjadi sefasa (resistif). Hasil yang didapat adalah sebagai berikut.

- *Duty cycle* : 49,87%
- V_{PP} : 70,4 Volt
- Frekuensi : 133,7 kHz
- V_{RMS} : 24,98 Volt



Gambar 3. Gelombang *output* *induction heater*

B. Hasil Pengujian dengan Material

Pada pengujian pemanasan dengan material *steel* ini tegangan suplai yang digunakan adalah 12,4 Volt dengan lama waktu pengujian selama 5 menit. Pengujian dilakukan dengan menggunakan termometer laser dengan cara mengukur suhu dengan laser yang ditembakkan ke material yang dipanaskan. Energi listrik yang dibutuhkan dalam pengujian pemanasan selama 5 menit (0.083 hour) dengan material *steel*, aluminium dan *copper* dijelaskan dalam Tabel I.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN DENGAN MATERIAL

Material	Temperatur Material (°C)				
	1 menit	2 menit	3 menit	4 menit	5 menit
<i>Steel</i>	55	73	77	99	103
<i>Alluminium</i>	45,7	50,1	51,5	52,5	53
<i>Copper</i>	45	53	60	68	80

Tabel II menjelaskan bahwa energi yang mengalir pada setiap material yang diujicoba berbeda-beda. Dari hasil pengujian yang dilakukan selama 5 menit, material *steel* mengonsumsi daya paling besar. Hal itu dikarenakan *steel* merupakan material yang sangat sesuai untuk proses pemanasan dengan sistem ini karena kadar magnet dalam materialnya yang besar.

TABEL II
HASIL PENGUKURAN TEGANGAN, ARUS DAN DAYA

Material	Tegangan	Arus	Daya
<i>Steel</i>	12,4 V	10 A	10,292 Wh
<i>Alluminium</i>	12,4 V	2 A	2,0594 Wh
<i>Copper</i>	12,4 V	2,5 A	2,573 Wh

Hasil pengujian dari ketiga material yang digunakan

mendapatkan hasil sebagai berikut:

- Material *steel* mencapai suhu 103 °C.
- Material aluminium mencapai suhu 53 °C.
- Material *copper* mencapai suhu 80 °C.

V. KESIMPULAN

Pemanas Induksi dengan Metode *Multiturn Helical Coil* telah dibuat dan bekerja dengan baik. Di antara *steel*, aluminium, dan *copper*, material yang paling baik untuk dipanaskan dengan metode induksi adalah material *steel*. Hal itu dikarenakan kandungan magnet didalam material *steel* sangat banyak.

REFERENSI

- [1] Yukovany Zhulkarnaen, "Perancangan dan Pembuatan Pemanas Induksi dengan Metode Pancake Oil Berbasis Mikrokontroler ATmega8535," Universitas Brawijaya, Malang, Sarjana Thesis 2014.
- [2] Bambang Kusharjanta Wahyu Purwo Raharjo, "Rancang Bangun Pemanas Induksi Berkapasitas 600 Watt Untuk Proses Perlakuan Panas dan Perlakuan Permukaan," *Prosiding SNST*, vol. 1, no. 1, pp. 119-124, 2013.
- [3] Soe Sandar Aung, Han Phyo Wai, and Nyein Nyein Soe, "Design Calculation and Performance Testing of Heating Coil in Induction Surface Hardening Machine," *International Journal of Energy and Power Engineering*, vol. 2, no. 6, pp. 1134-1138, 2008.
- [4] Istanto Wahyu Djatmiko, *Elektronika Daya*. Yogyakarta, Indonesia: Universitas Negeri Yogyakarta, 2010.