

**PEMBUATAN PEMANAS INDUCTION UNTUK SISTENSIS MATERIAL DENGAN MOTODA HIDROTERMAL****Nurkholis<sup>1</sup>, Ari Bawono<sup>1</sup>, dan Priyono<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup>Program Studi D3 Instrumentasi Vokasi, Universitas Diponegoro, Semarang<sup>2</sup>Laboratorium Fisika Material, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, SemarangE-mail: [priyonocp@gmail.com](mailto:priyonocp@gmail.com)

Received: 5 April 2020; revised: 13 April 2020; accepted: 15 April 2020

**ABSTRACT**

*Induction heaters furnace could work faster and more efficiently compared to the conventional electric heaters, but a temperature regulation system should be quite good and stable with a fairly long operating time. This method is suitable for the synthesis of materials that require a long operation time, such as hydrothermal process. This study aims to design and evaluate the induction heater using K-type thermocouple sensor with proportional Integral Derivative (PID) control system. Thermocouple sensors calibration tested on a set point of 150 °C to 350 °C gives a good result at stable temperature values after tested less than 90 seconds and have low error rates at 0,02% - 0,16%. Hydrothermal synthesis process on reactor with a heating temperature of 300 °C for 24 hours gives a good result.*

**Keywords:** *Induction heater, thermocouple sensor, PID control, hydrothermal process***ABSTRAK**

*Pemanas induksi bekerja lebih cepat, efisien, dan hemat energi dibandingkan dengan pemanas listrik konvensional, tetapi diperlukan pengaturan temperatur dan waktu baik. Pemanas induksi sangat cocok digunakan untuk sintesis material yang membutuhkan waktu operasi lama, seperti proses hidrotermal. Penelitian ini memiliki tujuan untuk melakukan perancangan dan pengujian pemanas induksi menggunakan sensor termokopel tipe K dengan pengontrolan Proportional Integral Derivative (PID). Hasil pengujian kalibrasi sensor termokopel pada set point 150 °C, 250 °C dan 350 °C menunjukkan hasil yang cukup baik. Pada ketiga set point tersebut diperoleh temperatur stabil setelah pemanasan selama 50 detik hingga 90 detik dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah antara 0,02% hingga 0,16%. Hasil pengujian proses sintesis menggunakan reaktor hidrotermal pada temperatur 300 °C selama 24 jam memberikan hasil yang cukup baik.*

**Kata kunci:** *Induction heater, termokopel sensor, PID control, hidrotermal proses.***PENDAHULUAN**

Pemanas induksi memiliki beberapa kelebihan. Selain hemat energi, pemanas induksi juga cepat dalam memanaskan sebuah obyek dari logam. Pemanasan obyek

logam dari bahan feromagnetik yang ditempatkan di dalam koil induktor terjadi karena energi listrik dengan frekuensi tinggi mengalir ke dalam koil yang berlangsung secara sepat. Sumber induksi dari perangkat pemanas ini adalah rangkaian elektronik

yang memanfaatkan pembentukan arus putar (*eddy current*) dalam rangkaian. Perangkat elektronik untuk pemanas induksi terdiri dari rangkaian resistor (R), koil induktor (L), dan kapasitor (C) serta pemicu gelombang induksi frekuensi tinggi yang memanfaatkan proses resonansi elektromagnetik pada rangkaian RLC tersebut. Pada saat terjadinya resonansi, impedansi dari rangkaian akan minimum sehingga menghasilkan arus listrik induksi yang lebih besar [1].

Pemanas induksi banyak dikenal di dalam dunia industri sebagai salah satu alat pemanas yang efektif, tetapi untuk skala laboratorium yang dilengkapi oleh sistem kontrol yang baik belum banyak dijumpai.

Kelebihan dari perangkat pemanas induksi dibandingkan dengan pemanas konvensional antara lain: waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur yang dikehendaki jauh lebih cepat dan dapat menggunakan energi listrik yang jauh lebih efisien [2].

Berbagai manfaat teknik pemanasan dengan pemanas induksi untuk pemanasan material, khususnya pada bidang metalurgi telah banyak diaplikasikan, antara lain untuk proses pengelasan [3], pengerasan logam

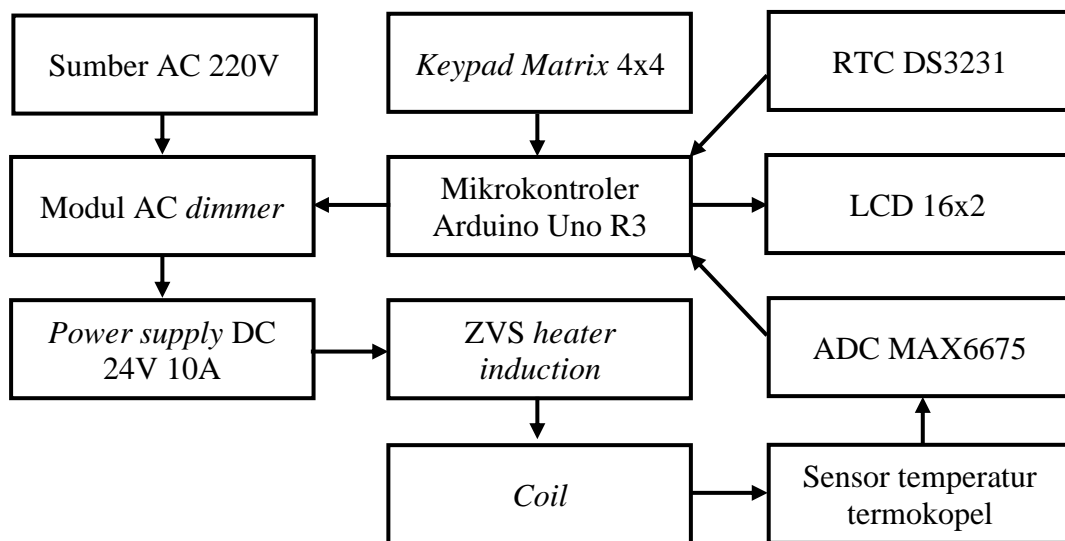
[4], penempaan panas [5], dan proses aniling [6].

Pada penelitian ini dibuat pemanas induksi sederhana yang mampu memanaskan sampel untuk proses hidrotermal pada kisaran temperatur 250 °C hingga 350 °C. Proses pemanasan hidrotermal pada temperatur tersebut sangat efektif karena hanya membutuhkan arus induksi dan tegangan yang relatif rendah sehingga sangat memungkinkan proses sintesis dapat berlangsung lama.

Pada penelitian ini temperatur dan waktu pemanas induksi dikontrol secara otomatis menggunakan perangkat kendali mikrokontroler dengan sistem *Proportional – Integral – Derivative (PID)* [7, 8].

**METODE PENELITIAN**

Perancangan sistem pemanas induksi dapat dilihat pada Gambar 1. Tampak terdapat beberapa komponen, diantaranya rangkaian sumber catu daya yang berfungsi sebagai pengubah tegangan AC menjadi DC 24V-20A. Catu daya sumber DC menggunakan jembatan dioda sehingga dihasilkan penyearah gelombang penuh yang lebih stabil.



**Gambar 1.** Diagram perancangan sistem pemanas induksi.

Untuk mengkonversi besaran listrik DC menjadi besaran listrik AC frekuensi tinggi, digunakan Modul AC dari sebuah inverter dan *driver* sebagai rangkaian pemacu frekuensi tinggi dari trafomator frekuensi tinggi.

Untuk mengendalikan temperatur dan waktu, diperlukan perangkat mikrokontroler Arduino dan sistem *keypad* untuk memasukan nilai kontrol *set point* dan *timer*. Pengontrol temperatur digunakan sensor termokopel tipe K sebagai pengukur temperatur pada koil induksi. Pada proses pengukuran, sensor termokopel mendeteksi perubahan temperatur pada reaktor yang berada di dalam koil pemanas. Data dari sensor diubah oleh modul MAX6675 [9] dan diakuisisi oleh Arduino Uno R3 sebagai kontroler utama.

Arduino Uno mengelola hasil *output* MAX6675 yang berupa data *digital* dan diteruskan menuju modul AC *dimmer* dalam bentuk sinyal *analog*. Modul AC *dimmer* akan mengendalikan tegangan yang masuk

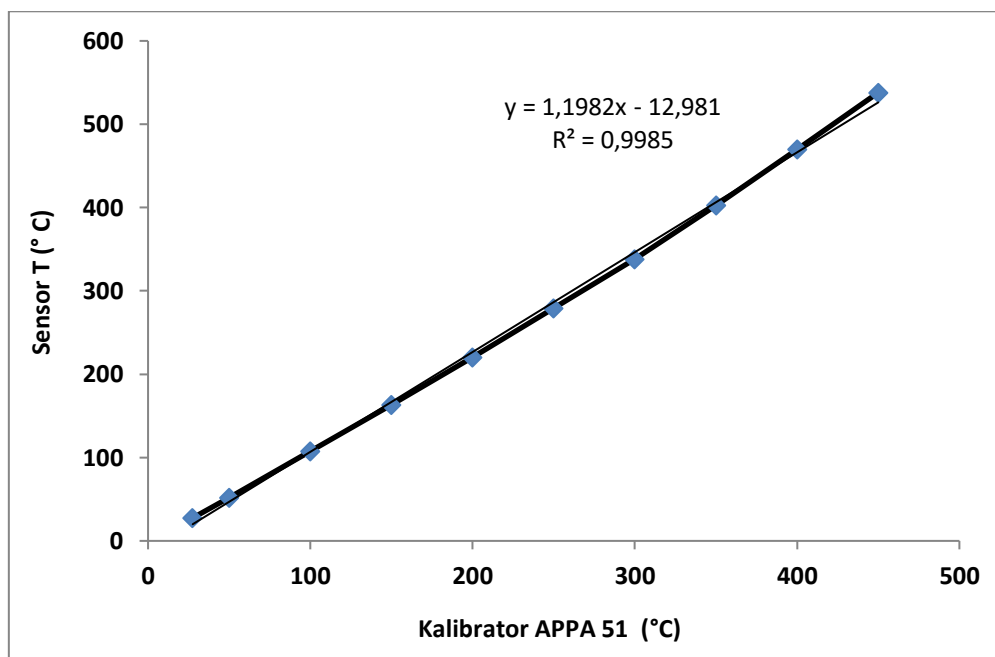
ke modul pemanas induksi sehingga akan menghasilkan arus yang diinginkan sesuai dengan kebutuhan *set point* temperatur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

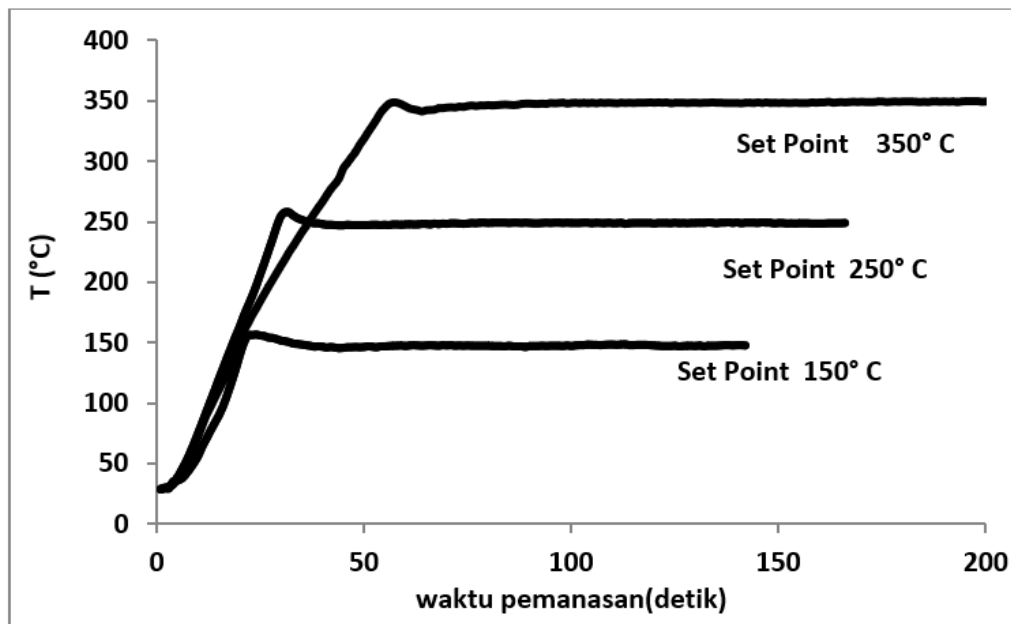
### Pengujian sensor temperatur termokopel

Gambar 2 merupakan hasil kalibrasi sensor temperatur pada perancangan pemanas induksi menggunakan termokopel sensor tipe-K pada temperatur hingga 450<sup>0</sup> C.

Hasil komparasi temperatur antara perangkat standar dengan sensor temperatur pada perancangan, diperoleh persamaan garis linear  $y = 1,1981x - 12,981$  dengan koefisien korelasi 99,85. Hasil kalibrasi tersebut menunjukkan sensor temperatur termokopel memiliki kelayakan untuk digunakan.



**Gambar 2.** Hasil pengujian sensor termokopel tipe K pada 450<sup>0</sup> C.



Gambar 3. Grafik pengujian nilai *set point* 150 °C.

### Pengujian *set point* pada berbagai temperatur

Pengujian *set point* dilakukan dengan memberikan nilai temperatur pada kisaran sebesar 150 °C hingga 350 °C sesuai dengan temperatur operasional yang sering digunakan untuk pemanasan hidrotermal. Hasil pengujian *set point* ditunjukkan dalam Gambar 3. Ketiga *set point* tersebut diuji menggunakan reaktor hidrotermal berbahan dasar baja tahan karat dengan diameter 6 cm dan panjang 8 cm. Ukuran reaktor disesuaikan dengan dimensi dari induktor pemanas sehingga efektifitas panas pada reaktor terjadi secara seragam.

Pada Gambar 3 terlihat bahwa proses pemanasan dengan ketiga *set point* memiliki pola yang hampir identik dengan gradien yang hampir sama. Hasil pengujian *set point* pada ketiga temperatur memiliki nilai stabilitas yang berbeda bergantung pada temperatur yang diinginkan. Pada *set point* 150 °C dan 250 °C mencapai nilai stabil setelah waktu pemanasan berlangsung mulai

dari 50 detik, sedangkan pada *set point* 350 °C terjadi setelah 90 detik.

Hasil pengujian ketiga *set point* memiliki kecepatan pemanasan sampel pada kisaran 8,83 °C/detik hingga 8,75 °C/detik dengan tingkat kesalahan pada kisaran 0,02% hingga 0,16% saja. Hasil pengujian pencapaian *set point* menunjukkan bahwa kecepatan pemanasan induksi yang relatif tinggi.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan uji disimpulkan bahwa peralatan pemanas induksi dengan sistem kontrol PID menggunakan Arduino Uno 3 dapat digunakan sebagai perangkat pemanasan yang cukup efektif. Hasil pengujian menunjukkan kecepatan temperatur pada kisaran 8,83 °C/detik hingga 8,75 °C/detik dengan tingkat kesalahan pada kisaran 0,02% hingga 0,16% saja, dan dapat dioperasikan pada 300 °C selama 24 jam.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Lucia O, Maussion P, Dede EJ, Burdio JM. Induction heating technology and its applications: Past developments, current Technology, and future challenges. *IEEE Transactions on Industrial*. 2014; 61(5); 2509-2520.
- [2] Whardana AW. Peningkatan efisiensi produksi electric arc furnace dengan injeksi oksigen untuk menghemat biaya energi listrik pada industri baja. *J Gema Teknik*. 2007; 3(1): 26-29.
- [3] Iatcheva I, Gigov G, Kunov G, Stancheva R. Analysis of induction heating system for high frequency welding. *Elec Energ*. 2012; 25(3); 183-191.
- [4] Rudnev V, Gregory A. Fet principles of induction hardening and inspection, induction heating and heat treatment. *ASM Handbook*. 2014; 58-66.
- [5] Park H. S. Dang X.P. A study on the heating process for forging of an automotive Crankshaft in terms of energy efficiency. *Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems*. 2013; 7; 646–651.
- [6] Hammi H, Barka N, Ouafi A. Effects of induction heating process parameters on hardness profile of 4340 steel bearing shoulder using 2D axisymmetric model. *J Int Eng Inn Tech*. 2015; 4(7); 41–48.
- [7] Noviyani S. Sumariyah. Rancang bangun sistem pengendali temperatur dengan proporsional, integral dan diferensial (PID) berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Berkala Fisika*. 2019; 22(2); 62-67.
- [8] Arindya R. Penalaan kendali PID untuk pengendali proses. *Jurnal Teknologi Elektro*. 2017; 8(2): 109-116.
- [9] Septiana R, Roihan I, Karnadi J, Koestoer RA. Calibration of K-type thermocouple and MAX6675 module with reference DS18B20 thermistor based on Arduino DAQ. *Prosiding SNTTM XVIII*. 2019; 1-6.