

Pembuatan *Electric Furnace* Berbasis Mikrokontroler

Haris Suprastiyo¹ , Prantasi Harmi Tjahjanti^{2,*}

^{1,2} Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Article history: Recieved 23/11/2016 Revised 12/12/2016 Accepted : 25/12/2017

ABSTRAK

Electric furnace atau tungku listrik adalah peralatan pemanas yang menggunakan sumber panas dari listrik. *Electric furnace* konvensional yang ada sekarang terkadang kurang akurasi dalam proses waktu maupun suhu. Tujuan penelitian ini adalah membuat mesin *electric furnace* berbasis mikrokontroler dengan fungsi utama proses pemanasan lebih akurasi terjaga waktu dan suhu dan dapat di atur secara otomatis serta di monitor melalui LCD (*Liquid Crystal Display*). Metode yang dipakai adalah perancangan awal sekaligus pembuatannya dan pengujian untuk uji kinerja rangkaian kelistrikan, uji kecepatan pencapaian suhu, dan uji perpindahan panas dengan melakukan pengukuran suhu dari suhu dalam *electric furnace* hingga suhu permukaan luar pelat. Perhitungan perpindahan panas dimulai dari dalam dinding *electric furnace*, batu tahan api (refraktori), pelat besi dan suhu lingkungan dengan panas yang dihasilkan dari elemen listrik berkapasitas 4400 Watt. Diperoleh hasil *electric furnace* dengan dimensi ruang tungku ukuran 190 mm x 350 mm x 320mm. Uji coba kinerja rangkaian kelistrikan *furnace*, di coba pada suhu 800 °C di tahan selama 30 menit, hasil yang diperoleh suhu tetap konstan 800°C. Uji kecepatan untuk pencapaian suhu, *electric furnace* mampu bekerja hingga tempertur maksimum 1000 °C, dengan kecepatan untuk pencapaian suhu 1000 °C selama 17.111 detik atau 47,5 jam dengan rata-rata kenaikan suhu tiap 1°C adalah 0,1 detik, Laju perpindahan panas total pada dinding *electric furnace* adalah 6,83W/m²K.

Kata kunci : *Electric furnace*, mikrokontroler, batu tahan api, perpindahan panas

ABSTRACT

Electric furnace is heating equipment that uses heat from the electrical source. Conventional *Electric furnace* sometimes less accuracy in process time and temperature. The purpose of this research is make *electric furnace* based on microcontroller with the main function of the heating process accuracy maintained over time and temperature and can be set automatically and monitored through an LCD (*Liquid Crystal Display*). The method used beginning design manufacture and electrical circuit performance test, test speed of achievement of the temperature and heat transfer test by measuring the temperature in the electric furnace to temperature of the outer surface of the plate. Heat transfer calculations starting from the electric furnace wall, stone fire-resistant (refractory), the metal plate and the ambient temperature by the heat generated from the electric element with a capacity of 4400 Watts. The results show electric furnace with a furnace chamber dimensions of size 190 mm x 350 mm x 320mm. Trial furnace electrical circuit performance, on trial at a temperature of 800 °C on hold for 30 minutes, the results obtained 800C temperature remains constant. Test speed to achieve temperature, electric furnace capable of working up to a maximum of 1000 °C of temperature, with the speed to achieve temperatures of 1000 °C for 17 111 seconds or 47.5 hours with an average temperature increase of 1C is 0.1 seconds each, rate total heat transfer to the walls of electric furnaces is 6,83W / m²K.

Keywords: *Electric furnace*, microcontroller, stone fireproof, heat transfer

*Corresponding author.

E-mail address: prantasiharmi@umsida.ac.id, Telp (+62) 81336357236 ,

Peer reviewed under reponsibility of Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

© 2017 Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, All right reserved, This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



Haris Suprastiyo, diterima di Prodi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo pada tahun 2011. Disamping itu, juga mempunyai bengkel pembuatan alat dan permesinan sendiri. Tahun 2015 bergabung dengan penelitian Dosen Pembimbing dalam melaksanakan Penelitian Hibah Kompetensi Tahun Pertama 2015, yaitu membuat *electric furnace* yang sekaligus

mengantarkannya menyelesaikan Tugas Akhir/Skripsinya meraih Sarjana Teknik Muhammadiyah Sidoarjo.



Prantasi Harmi Tjahjanti, dosen sekaligus peneliti di Prodi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Penelitiannya banyak berkecimpung di bidang *Materials Science and Engineering*. Penelitian tahun 2017 yang sekarang dikerjakan adalah Penelitian Hibah Kompetensi Tahun ke III dan Penelitian Hibah Pasca Doktor. Selain sebagai Reviewer Penelitian

Internal juga sebagai Asesor Serdos untuk Ilmu Material /Bahan

PENDAHULUAN

Kebutuhan teknologi yang semakin maju, menuntut berkembangnya sistem kendali yang andal. Sistem kendali yang baik sangat diperlukan dalam meningkatkan efisiensi dalam proses produksi. Sebagai contoh, otomatisasi dalam bidang industri yaitu proses pemanasan pada *Furnace* [1].

Elektric Furnace atau tungku adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk melelehkan logam untuk pembuatan bagian mesin (*casting*) atau untuk memanaskan bahan serta mengubah bentuknya (misalnya *rolling*/penggulungan, penempaan) atau merubah sifat-sifatnya (perlakuan panas). Berdasarkan metode Penghasilan panas, *furnace* secara luas diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu jenis pembakaran (menggunakan bahan bakar) dan jenis listrik. *Furnace* jenis pembakaran bergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan. Diantaranya *furnace* yang menggunakan bahan bakar minyak, batu bara, atau gas.

Dari latar belakang permasalahan tersebut dilakukan penelitian untuk merancang mesin *elektric furnice* dan juga menggunakan sistem otomatis berbasis mikrokontroler yang di rancang untuk memudahkan mahasiswa atau ahli logam (*metallurgist*). Di mana *furnace* sangat di perlukan untuk peneliti, yang berfungsi sebagai perlakuan logam Mempermudahkan untuk mengoptimalkan sifat mekanis dari logam paduan dengan melakukan praktikum dan penelitian tentang *Annealing*, *Hardening*, *Tempering*, dan *Quenching* dengan perlakuan logam menggunakan *furnace*.

Tujuan dari pembuatan alat ini adalah:

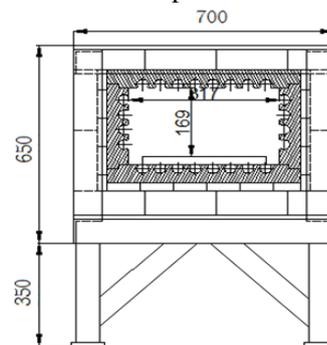
1. Merencanakan dan membuat mesin *electric furnace* dengan dimensi ruangan tungku 190 mm x 350 mm x 320mm

2. Merancang dan membuat mesin dengan pemanas berbasis mikrokontroler yang efektif dan efisien.

METODOLOGI

Sebelum merancang suatu alat harus dilakukan suatu pengamatan di lapangan karena dari pengamatan tersebut dapat mengetahui apa yang di butuhkan, peralatan apa yang harus di rancang ulang agar pemakaiannya lebih efisien. Dari pengamatan lapangan di beberapa tempat pandai besi dalam melakukan perlakuan sifat logam masih menggunakan cara konvensional yaitu dengan cara membakar benda kerja/logam dengan bara api yang ditiup dengan menggunakan kipas konvensional, sehingga timbul ide untuk membuat mesin *furnace* dengan berbasis mikrokontroler, serta pengamatan langsung tentang mesin oven yang tersedia di tokoh dan pengamatan tentang elektro yaitu mikrokontroler. Setelah mengetahui permasalahan yang ada, selanjutnya mempelajari perhitungan perpindahan panas/*heat ecangger*, dan daya listrik yang di perlukan untuk menjalankan keseluruhan rangkaian. [2].

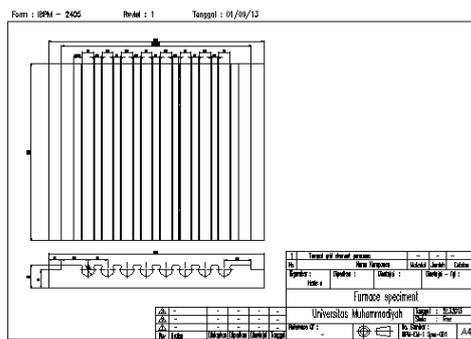
Kerangka *furnace* merupakan komponen utama yang berfungsi sebagai tempat tumpuan material-material *refractory* pada mesin *furnace*. Material yang digunakan untuk pembuatan kerangka mesin *furnace* ini adalah besi siku dengan ukuran 50x50x5 mm, kebutuhan besi siku pada pembuatan mesin *furnace* sepanjang 20m, desain rangka mesin yang akan di buat dengan menggunakan AutoCad., dimana desain dan hasil proses pengerjaan kerangka *furnace* terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar .1 Desain Kerangka *Furnace*

Material *refractory* adalah suatu bahan atau material yang bisa mempertahankan kekuatannya pada suhu tinggi (bahan tahan api), yang digunakan dalam lapisan untuk tungku, kiln, insinerator dan reaktor dan juga digunakan untuk membuat cawan lebur atau insenerator. Bahan tahan api ini, harus tahan terhadap perlakuan kimia dan fisik stabil pada suhu tinggi. Tergantung pada lingkungan operasi, material refractory harus tahan terhadap kejutan termal, secara kimia dan/atau memiliki rentang tertentu konduktivitas termal dan koefisien ekspansi termal.

Material *refractory* pada pengaplikasian pembuatan *furnace* berfungsi sebagai MAD/tatakan tempat nikelin, dan pelapisan dinding untuk menahan panas agar panas pada dalam ruangan *furnace* benar-benar tidak mengalami kerugian, dan dikarenakan material ini dapat mempertahankan kekuatan pada suhu yang tinggi, berikut di bawah ini adalah desain dan hasil proses pembuatan MAD/tatakan tempat nikelin terlihat pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 2. Desain 2D tatakan elemen pemanas



Gambar 3. Tatakan elemen pemanas

Pada gambar di atas adalah hasil dari pengecoran yang di gunakan untuk tatakan atau tempat pemanas untuk mesin *furnace*, untuk membuat tatakan di atas di butuhkan beberapa material yaitu:

1. Semen cor *Sincast Refractory SC-16*, pemilihan material ini di karenakan sesuai kebutuhan untuk pembuatan mesin *furnace*, di mana material ini tahan terhadap kekuatan suhu temperatur tinggi hingga 1600°C. Untuk pembuatan cor ini yaitu menggunakan bahan dasar semen *Sincast SC-16* di mana pengaplikasiannya atau penggunaannya cukup sederhana, yaitu tinggal menambahkan air sesuai takaran dan kemudian tinggal di aplikasikan
2. Besi beton 6 mm digunakan sebagai rusuk pada bagian dalam tatakan, agar tatakan apabila menerima beban berlebih dari material yang di uji tidak patah atau retak
3. Cetakan digunakan sebagai adah untuk pembentukan pembuatan material, berbagai macam bahan yang

dapat di aplikasikan, namun pada pembuatan tatakan elemen pemanas pada mesin *furnace* ini menggunakan material kayu untuk adah.atau cetakan dan selang dengan diameter 24 mm untuk pembuatan countur atau bentuk lingkaran yang menyesuaikan bentuk sesuai elemen pemanas. Untuk pembuatan cetakan tatakan elemen pemanas ini di buat masing dua ukuran berbeda, yang pertama untuk tatakan pada sisi samping kanan dan kiri terdapat empat tempat elemen pemanas dengan dimensi 209 x 350 x 45 mm, dan tatakan yang kedua untuk lubang tatakan elemen pemanas pada bagian atas dan bawah terdapat delapan untuk lubang tatakan elemen pemanas dengan dimensi 409 x 350 x 45 mm.

Uji Kecepatan Pencapaian Suhu

Alat pemanas digunakan untuk proses perlakuan sifat logam pada specimen alat, agar material menghasilkan hasil data yang maksimal, di lakukan uji ke layakan mesin dahulu. Di dalam uji ini di lakukan menggunakan stopwatch untuk menghasilkan data dari kecepatan pencapaian suhu mesin *furnace* ini dengan satuan °C/s. berikut hasil dari data mesin *furnace* berbasis mikrokontroler tersebut terlihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Grafik Kecepatan pencapaian suhu mesin *furnace*

Uji Kinerja Rangkaian Kelistrikan

Mesin *furnace* ini di desain berdasarkan kebutuhan proses heat treatment, Selama ini pada proses perlakuan logam hanya menggunakan tungku konvensional dimana waktu dan suhu pemanasan kurang akurasi padahal masalah kualitas tergantung pada akurasi kontrol suhu tungku dan waktu, dengan adanya mesin elektrik *furnace* berbasis mikrokontroler proses penelitian tentang struktur logam lebih mudah lebih efisien lebih akurasi, dengan alat ini, kondisi suhu dapat diatur otomatis dan selalu dimonitor melalui LCD (*Liquid Crystal Display*).

Tabel 1 spesifikasi furnace

Ukuran ruangan	31x35x19 CM (P X L X T)
Temperature kerja	1000°
Maximum Temperatur	1200°C
Laju pemanasan	0~0,1174 °C/Sec
Akurasi suhu	+/- 1°C
Elemen pemanas	NI-Cr Wire
Voltase	AC 220V, Single Phase
Max. Power	4,4 kw
Ukuran luar	65x70x100 CM (P X L X T)
Berat	+/- 250 Kg

Sebagai pemanas digunakan elemen pemanas yang nyalanya diatur Temperatur kontrol berdasarkan kondisi suhu yang dibaca sensor suhu *Thermocouple* untuk monitoring dan pemilihan menu dilakukan melalui LCD dan tombol. Tombol di sini berfungsi memberikan masukan berupa pemilihan suhu. Sedangkan LCD berfungsi menampilkan kondisi suhu. Sistem kerja yang akan di tentukan agar rangkaian bisa di buat adalah, untuk menghasilkan data yang maksimal pada proses heat treatment berdasarkan literatur, pemanas atau furnace harus bisa bertahan di suhu yang di kehendaki dalam keadaan konstan, dalam arti suhu benar-benar di tahan sesuai ke inginan. Dalam uji coba kinerja rangkaian kelistrikan furnace ini di coba dengan suhu 800 °C di tahan selama 30 menit, dan hasilnya suhu tetap konstan dalam keadaan 800°C +/- 5 °C, berikut hasil uji coba penahanan suhu 800 °C di tahan selama 30 menit terlihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. suhu 800 °C saat di tahan selama 30 menit

Setelah suhu di tahan selama 30 menit, langkah selanjutnya adalah mematikan mesin, untuk mengetahui apa benar suhu di dalam ruangan tersebut sampai 800 °C terlihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Tungku *furnace* pada temperatur 800 °C

Setelah menguji kinerja dari mesin *furnace* tersebut telah di hasilkan beberapa data dan Menghasilkan spesifikasi terlihat pada **Tabel 1**.

HASIL

Pada pembuatan mesin furnace ini menghasilkan data-data yang di ambil dengan menghitung perpindahan panas konduksi dari hasil data- data yang di dapat dengan mengetahui konduktifitas termal masing-masing bahan dan suhu yang dapat di capai oleh mesin furnace tersebut, data-data material terlihat pada table 2. Penelitian ini melakukan pengukuran suhu dari temperatur dalam furnace (Ti), sampai suhu permukaan luar pelat (To). Hal ini dilakukan untuk menghitung laju perpindahan panas dari dalam, dinding furnace, batu tahan api, pelat besi dan suhu lingkungan dengan panas yang dihasilkan dari elemen listrik berkapasitas 4400 Watt. Cara pengukuran dilakukan pada saat temperatur didalam furnace mencapai temperatur maksimal dan tetap (Konstant) yaitu 1000°C.

Untuk penyelesaian perhitungan perpindahan panas, data yang diperoleh ditampilkan pada **Tabel 2**, menjelaskan tentang struktur dari mesin *furnace*, urutan tiap material yang di gunakan dan untuk dinding *furnace*.

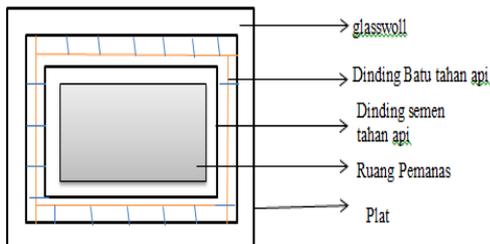
Tabel 2 Data tiap-tiap material

Material	Konduktivitas Termal (W/M.K)	Emisivitas	Length (m)
Semen Tahan Api (Symbol A)	0,72	0,33	0,045
Bata Tahan Api (Symbol B)	1,3		0,13
Glasswool (Symbol C)	0,038	0,90	0,02

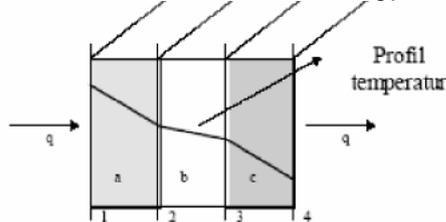
- Temperatur di dalam tungku ($T_{\infty 1} / T_{s,1}$): 1000°C: 1273 K
- Temperatur / Suhu ruangan ($T_{\infty 4} / T_{s,4}$): 35°C : 308 K
- Luasan dinding permukaan sama (A):

- 0,0665 m²
- h₁ (convection heat transfer coefficient): 0,24 (W/m².k)
 - h₄ (convection heat transfer coefficient): 0,22 (W/m².k).

Sehingga laju perpindahan panas pada dinding furnace (q_x) sistematis dinyatakan pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**:



Gambar 7 Sistematis urutan dinding furnace



Gambar 8 Sistimatis dinding furnace dengan tiga lapisan berbeda

Diperoleh perhitungan:[3]

$$q_x = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 4}}{\sum R_t} \quad (1)$$

$$= \frac{1273 \text{ K} - 308 \text{ K}}{\left(\frac{1}{h_{1A}}\right) + \left(\frac{L_A}{K_{AA}}\right) + \left(\frac{L_B}{K_{BA}}\right) + \left(\frac{L_C}{K_{CA}}\right) + \left(\frac{1}{h_{4A}}\right)}$$

$$= \frac{965 \text{ K}}{(62,65) + (0,94) + (1,5) + (7,9) + (68,3)}$$

$$q_x = \frac{965 \text{ K}}{141,29}$$

$$q_x = 6,83 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$$

Jadi laju perpindahan panas total pada dinding furnace adalah 6,83W/m².k.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Diperoleh hasil *electric furnace* dengan dimensi ruang tungku ukuran 190 mm x 350 mm x 320mm.
2. Uji coba kinerja rangkaian kelistrikan furnace, di coba pada suhu 800 °C di tahan selama 30 menit, hasil yang diperoleh suhu tetap konstan 800°C. Uji kecepatan untuk pencapaian suhu, *electric furnace* mampu bekerja hingga temperatur maksimum 1000 °C, dengan kecepatan untuk pencapaian suhu 1000 °C selama 17.111 detik atau 47,5 jam dengan rata-rata kenaikan suhu tiap 1°C adalah 0,1 detik.
3. Laju perpindahan panas total pada dinding *electric furnace* adalah 6,83W/m²K

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Kemenristek Dikti untuk bantuan Hibah Kompetensi (HIKOM) tahun Pertama tahun anggaran 2014/2015.

REFERENSI

- [1] Indra.P.,Sumardi., Iwan. S. Pengendalian, 2009, Temperature pada *Plant Electric Furnace* Menggunakan Sensor *Thermocouple* dengan Metode Fuzzy, makalah seminar Tugas Akhir. Universitas Diponegoro.
- [2] Incropera, Dewitt, Ted Bergman and Andrienne lavine, 2011, *Fundamental of Heat and Mass Transfer*.7th Edition, Wiley, New York.
- [3] Muhammad Rais Rahmat, 2015, Perancangan dan Pembuatan Tungku Heat Treatment, *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, Vol. 3, No.2 Agustus 2015 Universitas Islam 45 Bekasi, <http://ejournal.unismabekasi.ac.id/>
- [4] Muharmen Suari, Afdhal Muttaqin, dan Imam Taufik,2012, Perancangan Sistem Pewaktuan Dan Pengontrolan Temperatur Pada Aplikasi Kamar Temperatur Dengan Sensor Lm35dz Berbasis Mikrokontroler At89s52, *Jurnal Ilmu Fisika (Jif)*, Vol 4 No 2, September 2012, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas ISSN 1979-4657