

Desain *Furnace* Berbasis *Microcontroller* dengan Kapasitas 7000 Watt yang Efektif Dan Efisien

AbRAR Ihza Wardhana¹, Ali Akbar², Yasinta Sindy Pramesti³

^{1,2,3}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: abrar.ihza1111@gmail.com

Abstrak – *Heat treatment* adalah proses perlakuan sifat logam dengan cara dipanaskan, hampir semua zat yang terkandung dalam logam akan memuai bila dipanaskan dan akan menyusut bila didinginkan, logam adalah salah satu zat padat yang pemanfaatannya dan dalam proses pembentukannya adalah dengan proses pemanasan, pada saat logam diaplikasikan dalam suatu pekerjaan dan apabila logam dikerjakan dengan proses pemanasan tanpa disadari, struktur dari logam tersebut akan berubah. Tujuan dari rancang bangun mesin *furnace* ini adalah untuk mempermudah melakukan penelitian tentang sifat mekanis logam dengan melakukan proses *heat treatment* dengan maksimal dan dengan tingkat akurasi kontrol suhu yang tinggi, dimana suatu hasil atau kualitas material saat di *heat treatment* tergantung pada akurasi tersebut, jadi mesin yang dibuat ini dirancang dengan suhu konstan sehingga dapat menghasilkan data yang akurat. Pada hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin mampu bekerja hingga temperatur maksimal 1000 °C, kecepatan untuk pencapaian suhu 1000 °C selama 3060 detik (51 menit) dan rata-rata kenaikan suhu per 1 °C adalah 1 detik, dan saat pengujian suhu di tahan pada temperatur 900 °C, keadaan temperatur dalam tungku *furnace* tetap konstan dalam suhu 900 °C.

Kata Kunci — *Heat Treatment, Temperature, Mikrokontroler*

1. PENDAHULUAN

Pengetahuan metalografi pada dasarnya adalah mempelajari karakteristik atau susunan dari suatu logam atau paduan logam dalam hubungannya dengan suatu analisis kimia dan metalografi dari suatu logam atau paduan logam. Logam tidak memiliki keseluruhan potongan disebabkan oleh pembawaan heterogen dalam logam. Dewasa ini terdapat beberapa jenis bahan yang digunakan pada industri-industri atau tujuan lain. Untuk mendapatkan material yang baik harus mengetahui segala hal mengenai karakteristik struktural atau susunan dari logam atau paduan logam yang akan dipakai atau digunakan pada industri-industri atau untuk keperluan lainnya. Dengan mengetahui karakteristik susunan atau struktur dari suatu logam maka dengan mudah kita dapat memilih bahan untuk suatu konstruksi tertentu. Dengan melakukan pengujian metalografi maka dapat dilakukan berbagai jenis perubahan pada suatu material setelah mengetahui karakteristiknya. Maka tidak dapat dipungkiri bahwa pengujian metalografi sangat berperan bagi dunia industri. Oleh karena itu kita harus berusaha mencari material yang memiliki sifat dan karakteristik yang baik[1].

Proses perlakuan panas adalah upaya meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja dengan cara memanaskan baja sampai temperatur *austenite* diikuti *quench* sehingga timbul *fasa martensit*. Perlakuan permukaan hampir sama prinsipnya namun hanya dilakukan pada bagian permukaan material. Tujuannya adalah untuk mendapatkan komponen dengan permukaan yang keras namun bagian dalamnya masih tetap ulet. Metode perlakuan panas dan perlakuan permukaan yang praktis dapat dilakukan menggunakan pemanasan induksi. Pemanas induksi listrik menggunakan prinsip pemanasan akibat arus *eddy* yang ditimbulkan oleh

fluks magnetik yang berasal dari lilitan yang dialiri arus listrik bolak-balik. Pemanas induksi ini selanjutnya diuji coba untuk melakukan proses perlakuan panas permukaan pada spesimen baja[2].

Salah satu upaya efisiensi tersebut dengan menggunakan perangkat penunjang penelitian (misalnya sensor dan alat ukur lain) buatan sendiri. Dengan upaya tersebut, diharapkan kualitas dari sebuah penelitian tidak menurun kemudian juga dapat meningkatkan kreativitas dosen dan mahasiswa itu sendiri. Hal inilah yang mendasari dibuatnya rancangan bangun sistem pengendali temperatur *furnace* ini dan diharapkan dapat menjadi salah satu solusi bagi kelangsungan kegiatan penelitian dengan tetap memperhatikan mutu dan kualitasnya[3].

Disini penulis akan merancang sebuah mesin *furnace* untuk mengimplementasikan desain mesin tersebut. Harapan dari pembuatan mesin ini adalah untuk mengetahui seberapa jauh mesin ini bekerja. Unjuk kerja pada mesin *furnace*, mesin dapat bekerja hingga 1000 °C dirasa cukup suhu tersebut untuk *heat treatment* suatu material logam, dikarenakan suhu tersebut cukup untuk perubahan struktur *recovery* logam.

Dari penelitian yang sudah dilakukan oleh Muhammad Rais Rahmat dengan judul “Perancangan Dan Pembuatan Tungku *Heat Treatment*”. Hasil penelitian adalah Dihasilkannya rancang bangun Tungku *Heat Treatment* yang dapat dipergunakan dalam perlakuan panas, Waktu Pencapaian temperatur maksimal (1000°C) dari temperatur 31°C dalam tungku 28 menit 45 detik, Kapasitas temperatur maksimal tungku 1100 °C, Kapasitas besar benda uji 3375, Dari hasil pemanasan dapat dilihat beban maksimal untuk penahanan panas terjadi pada dinding depan, yaitu mencapai 100 °C setelah 30 menit setelah pemanasan 1000 °C. Hal ini disebabkan karena perambatan panas melalui celah – celah dinding pintu, Dalam melakukan proses

penahanan hanya menggunakan prinsip kerja pada kontaktor. Sehingga ketika melakukan penahanan volt meter pada panel pusat naik turun[4].

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Syahrial Nurul Huda dengan judul "Rancang Bangun Sistem Pengendali Temperatur Furnace Dengan Menggunakan Sensor Termokopel Tipe-K Berbasis Mikrokontroler Atmega 16". Hasil penelitian adalah Sensor yang digunakan pada sistem ini adalah termokopel tipe-K, Persamaan konversi dari data ADC diperoleh nilai $R^2 = 0.999$ yang berarti bahwa sensor termokopel tipe-K bekerja dengan baik, Alat ini berjalan cukup baik dalam proses pemanasan karena sistem dapat mengatur temperatur furnace hingga 800°C , Alat ini mengendalikan pemanasan dengan menggunakan *open-loop system* untuk kondisi manual dan *closed-loop system* untuk kondisi auto, Pengendalian yang digunakan pada alat ini menggunakan sistem *Mix*, Alat ini menggunakan *Time Sampling* pengendalian sebesar 2s, Pada keadaan manual, bila diberikan daya 50% suhu akan stabil pada 800°C , Dengan menggunakan *direct synthesis method* didapat nilai $K_p = 0,91$, $T_i = 2678$ dan $T_d = 121$ yang selanjutnya dapat diimplementasikan kedalam aksi kendali PID untuk sistem ini, Pada keadaan *auto*, respon pengendalian yang dihasilkan dengan *direct synthesis method* mengalami *error setpoint* hingga mencapai 3°C .

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Haris Suprastiyo dengan judul "Pembuatan Mesin Furnace Berbasis Mikrokontroler". Hasil Penelitian adalah pada susunan dinding furnace yang berlapis setelah diketahui rugi-rugi atau total *losses* panas yang keluar pada mesin furnace berbasis mikrokontroler lebih kecil dari perbandingan furnace yang ada di pasaran, dimana hasil perhitungan q_{furnace} (perpindahan panas) pada mesin furnace berbasis mikrokontroler totalnya yaitu $6,83 \text{ W/m}^2\text{k}$ dan sedangkan furnace yang ada di pasaran q_{furnace} (perpindahan panas) totalnya yaitu $48,28 \text{ W/m}^2\text{k}$, Unjuk kerja pada mesin furnace, mesin dapat bekerja hingga 1000°C dirasa cukup suhu tersebut untuk *heat treatment* suatu material logam, dikarenakan suhu tersebut cukup untuk perubahan struktur *recovery* logam.

Tujuan dari perancangan ini untuk mengetahui desain furnace berbasis *microcontroller* dengan kapasitas 7000 watt yang efektif dan efisien.

2. METODE PENELITIAN

a. Prosedur Penelitian Perancangan Produk

Sebelum merancang suatu alat harus mempelajari dengan mengacu referensi, buku, jurnal ilmiah dan pencarian di internet. Setelah mempelajari referensi yang ada maka dilakukan percobaan untuk mengetahui serta mengatasi masalah yang akan timbul dengan mengaplikasikan ilmu yang diperoleh khususnya dalam bidang elektronika mengenai elemen pemanas beserta sistem dan rangkaian, serta mengenai perhitungan perpindahan panas dan

daya listrik yang diperlukan untuk menjalankan keseluruhan rangkaian.

kemudian setelah mempelajari referensi perlu diketahui dasar-dasar perancangan alat mulai dari bahan seperti besi, semen tahan api, bata tahan api, insulating brick, panel kelistrikan dan rangkaian listrik. Kemudian ada alat untuk mengimplementasikan suatu produk perancangan seperti las listrik, gerinda, mistar dan lain sebagainya, guna sebagai penunjang pembuatan alat agar menjadi lebih efektif dan efisien.

Kerangka furnace merupakan komponen utama yang berfungsi sebagai tempat tumpuan material-material refraktori pada mesin furnace, Material yang digunakan untuk pembuatan kerangka mesin furnace ini adalah besi siku dengan ukuran $50 \times 50 \times 5 \text{ mm}$.

Bahan refraktori ini pada pengaplikasian pembuatan furnace berfungsi sebagai tatakan tempat nikelin, dan pelapisan dinding untuk penahan panas agar panas pada dalam ruangan furnace benar-benar tidak mengalami kerugian, dan dikarenakan bahan ini dapat mempertahankan kekuatan pada suhu yang tinggi.

Tahap perancangan meliputi studi literatur, dasar perancangan, analisa perpindahan panas, analisa mikrokontroler, efektifitas dan efisiensi alat, desain mesin, hasil perhitungan, dan berbagai alternatif komponen yang dapat diterapkan pada mesin tersebut. Mempelajari mesin yang sudah ada. Dari informasi yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menghasilkan suatu produk

. Tahapan prosedur rancang bangun mesin ditunjukkan pada diagram alir seperti pada gambar 1.

b. Desain Mesin Furnace

Desain Mesin Furnace seperti pada gambar 2, dimana komponennya adalah :

1. kawat pemanas (heater)
2. semen refraktori
3. pintu mesin furnace
4. bata tahan api
5. kerangka mesin furnace
6. cover
7. mikrokontroler
8. glasswol

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

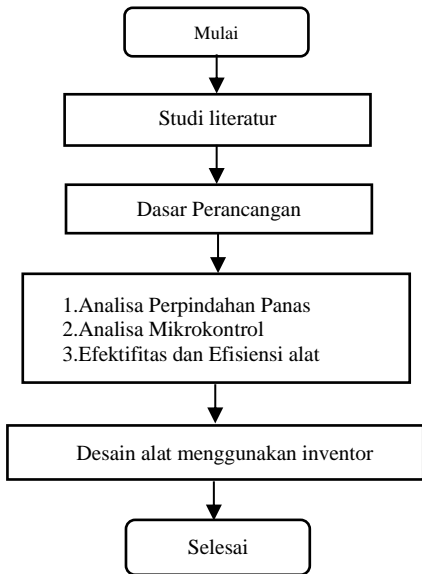
3.1 Menentukan Panjang Kawat Pemanas

Agar berfungsi sebagai elemen pemanas, pita atau kawat harus melawan arus listrik. Resistansi ini mengubah energi listrik menjadi panas yang berkaitan dengan resistivitas listrik pada logam, dan didefinisikan sebagai resistansi bilah unit dari luas lintas bagian. Resistansi linear dari bilah pita atau kawat dapat dihitung dari resistivitas listriknya.

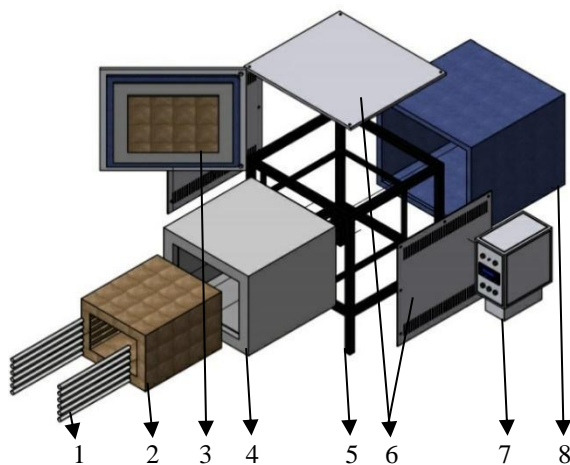
Dalam ruang tungku furnace terdapat 18 lajur kawat pemanas berdiameter 16 mm dan jumlah lilitan setiap lajur adalah 80 kali lilitan, dimana perhitungan seperti persamaan 1. Dimana $P_1 =$ Panjang kawat, D

= diameter lilitan kawat, N = jumlah lilitan, $P_1 = 3,14 \times 0,016 \times 80 = 4,0192$ meter.

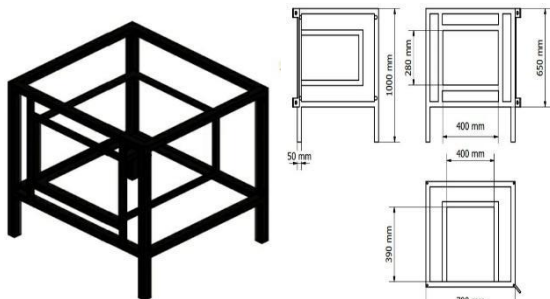
$$P_1 = \pi \times D \times N \dots\dots\dots (1)$$



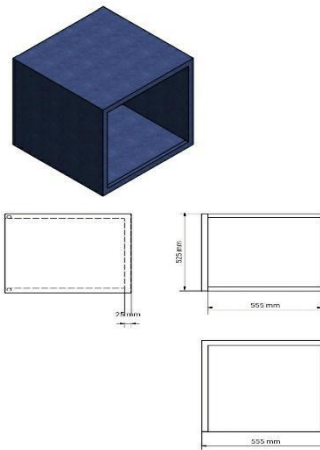
Gambar 1. Diagram Alir perancangan



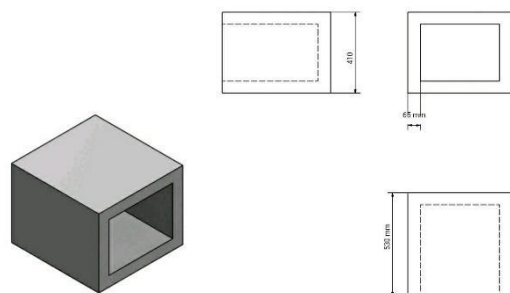
Gambar 2. Desain gambar mesin furnace



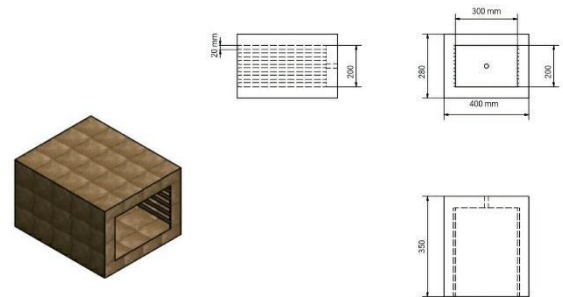
Gambar 3. Desain rangka beserta dimensi



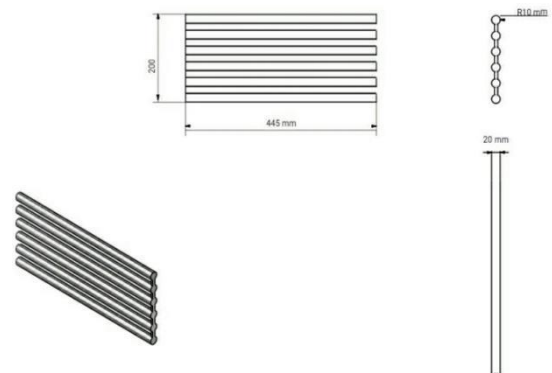
Gambar 4. Desain glasswol beserta dimensi



Gambar 5. Desain bata tahan api beserta dimensi



Gambar 6. Desain semen cor refraktori dan dimensi



Gambar 7. Desain kawat pemanas beserta dimensi

Sehingga dibutuhkan kawat nikelin 4,0192 meter untuk setiap lajur

$$P_{\text{total}} = 18 \times 4,0192$$

$$P_{\text{total}} = 72,3456 \text{ meter}$$

Kemudian menghitung total resistansi untuk kawat pemanas berdiameter 2mm yang sudah diketahui yaitu $0,44\Omega/\text{m}$, maka perhitungan untuk mencari resistansi yaitu :

$$R_{\text{total}} = P_{\text{total}} \times R$$

$$R = 72,3456 \text{ m} \times 0,44\Omega/\text{m}$$

$$R = 31,9 \Omega$$

Setelah ditetapkannya total panjang kawat dan resistansi, maka dilakukan perhitungan daya menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan

P = daya

V = Voltase

R = Hambatan

$$P = \frac{410^2}{31,9}$$

$$P = 5270 \text{ Watt}$$

Setelah perhitungan diatas maka diketahui daya yang digunakan untuk mesin furnace adalah 5270 watt

3.2 Pemasangan Lapisan Dinding Furnace

Dalam pembuatan tungku ada beberapa lapisan untuk menahan agar panas tidak keluar dari tungku, semen cor adalah salah satu lapisan dalam tungku yang paling dalam, semen cor ini adalah bagian untuk meletakkan kawat pemanas dan sebagai dinding pertama agar panas tetap stabil, setelah itu ada insulating brick sebagai dinding penahan panas setelah semen cor, kemudian ada glasswool untuk peredam panas terakhir.

3.3 Analisa Beban Pada Rangka dan Profil Perpindahan Panas

Analisa beban yang diberikan kepada rangka mesin yaitu berat pada tungku adalah 150 kg maka :

$$F = m \times \text{ gaya gravitasi}$$

$$F = 150 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

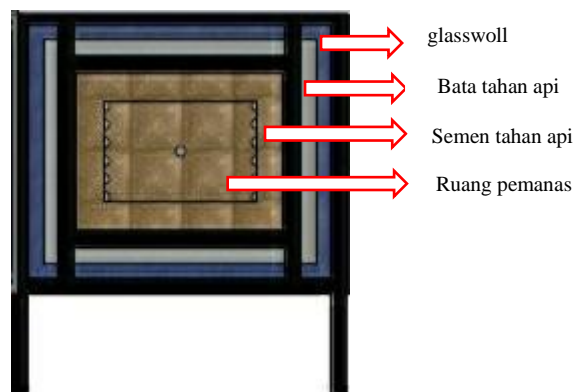
$$= 1500 \text{ N}$$

Sehingga diketahui bahwa beban yang diterima pada rangka adalah 1500 N. Akan tetapi beban tersebut terbagi dalam 4 lajur besi. Beban tersebut terdiri dari beberapa lapisan antara lain : semen tahan api, bata tahan api dan insulating brick.

Dari hasil data diatas dapat mempermudah penggunaan mesin furnace berbasis mikrokontroler dengan mudah dan mendapatkan hasil akurasi suhu, yang disesuaikan dengan cara mengetahui suhu dan waktu spesimen atau material yang akan di Heat Treatment.



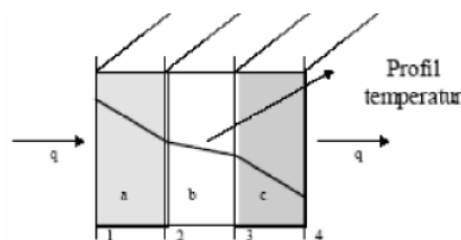
Gambar 8. Kawat pemanas dan cor



Gambar 9. Sistematis urutan dinding furnace



Gambar 10. rangka



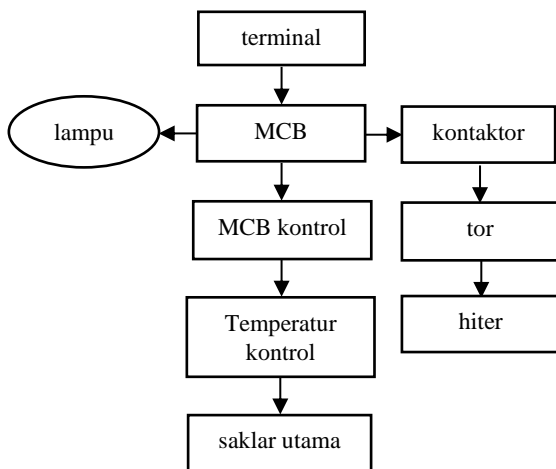
Gambar 11. Profil perpindahan panas : a. Semen cor tahan api, b. Bata tahan api, c. Glasswool

3.4 Uji Kinerja Alat

1. Analisa Kelistrikan Mikrokontroler

Mesin furnace ini didesain berdasarkan kebutuhan proses heat treatment, Selama ini pada proses perlakuan logam banyak yang menggunakan tungku konvensional dimana waktu dan suhu pemanasan kurang stabil 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 dan lebih efektif. dengan alat ini, kondisi suhu dapat diatur otomatis dan selalu dimonitor melalui thermostat. Sebagai

pemanas digunakan elemen pemanas yang nyalanya diatur Temperatur kontrol berdasarkan kondisi suhu yang dibaca sensor suhu Termokopel.



Gambar 12. Diagram alir kelistrikan

Tabel 1. Pencapaian suhu mesin furnace

No	Suhu awal (°C)	Suhu akhir (°C)	Waktu pencapaian (s)	Waktu aktual (s)	Kecepatan heat transfer (°C/s)
1	26	290	300	300	0,88
2	290	455	600	900	0,275
3	455	570	900	1800	0,1278
4	570	655	1200	3000	0,07083
5	655	739	1500	4500	0,056
6	739	807	1800	6300	0,0378
7	807	861	2100	8400	0,006429
8	861	911	2400	10800	0,0209
9	911	954	2700	13500	0,016
10	954	1000	3060	16560	0,015

Tabel 2. spesifikasi

Ukuran ruang tungku	32 x 35 x 20 cm
Temperatur kerja	900°C
Maximum temperature	1000°C
Akurasi suhu	±1°C/s
voltase	410V, 3 phase
Ukuran luar	70 x 70 x 100 cm
berat	±150 kg

Untuk monitoring dan pemilihan menu dilakukan melalui termostat dan tombol. Tombol di sini berfungsi memberikan masukan berupa pemilihan suhu. Sedangkan display thermostat berfungsi menampilkan kondisi suhu. Sistem kerja yang akan ditentukan agar rangkaian bisa dibuat adalah, untuk menghasilkan data yang maksimal pada proses heat treatment berdasarkan literatur, pemanas atau furnace harus bisa bertahan di suhu yang dikehendaki dalam keadaan konstan, dalam arti suhu benar-benar ditahan sesuai dengan yang

diharapkan. Untuk sistem kinerja dari kelistrikan adalah seperti gambar 12.

3.5 Spesifikasi Produk

Spesifikasi Produk yang dihasilkan adalah seperti tabel 2.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa unjuk kerja pemanasan mesin furnace berbasis mikrokontroler dapat diambil kesimpulan yaitu susunan dinding furnace yang berlapis sangat bagus untuk menahan panas dari dalam agar tidak keluar, semakin banyak lapisan dinding akan semakin bagus. Unjuk kerja pada mesin furnace, mesin dapat bekerja hingga 1000 °C dirasa sudah cukup suhu tersebut untuk heat treatment suatu material logam, dikarenakan suhu tersebut cukup untuk perubahan struktur recovery logam. Pembuatan mesin furnace ini bisa menjadikan pembelajaran tentang perbedaan struktur logam dengan cara perlakuan yang berbeda, dimana proses perlakuannya dengan dipanaskan menggunakan mesin furnace

5. SARAN

Saat proses pengambilan material uji diusahakan mematikan power listrik dahulu agar tidak mempengaruhi kinerja elemen pemanas dan agar tidak membahayakan, setelah pengambilan material uji segera tutup kembali tungku mesin furnace. Diusahakan saat mesin bekerja maupun mesin dalam proses pendinginan, mesin tidak boleh di paksa turunkan suhunya secara drastis, karena dapat mempengaruhi umur dari elemen pemanas mesin furnace.

Dibutuhkan alat khusus dengan tingkat keamanan tinggi agar tidak terjadinya kecelakaan kerja saat proses pengeluaran material atau bahan yang di heat treatment, sehingga mempermudah saat pengambilan material. Pemilihan bahan refraktori secara keseluruhan masih kurang maksimal dikarenakan minimnya pendanaan, namun untuk melakukan praktek heat treatment bahan refraktori yang dipilih sudah cukup baik untuk memenuhi prosedur di atas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suprastiyo, H. 2017. Pembuatan Mesin Furnace Berbasis Mikrokontroler. Sidoarjo: Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- [2] Rizal, A. 2016. Jurnal J-Ensitem. Pembuatan Tungku Pemanas (Muffle Furnace) Kapasitas 1200 C, 1.
- [3] Huda, S. N. 2011. Rancang Bangun Sistem Pengendali Temperatur Furnace Dengan Menggunakan Sensor Termokopel Tipe-K Berbasis Mikrokontroler Atmega 16 . Jakarta: Universitas Indonesia.
- [4] Rahmat, M. R. 2015. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. Perancangan Dan Pembuatan Tungku Heat Treatment, 1-9.

[Halaman ini Sengaja Dikosongkan]