

Unjuk kerja *furnace* menggunakan kawat kanthal A1

Gita Suryani Lubis, Otmar Mangara Sitompul, Herman

Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura
Jl. Profesor Dokter H. Hadari Nawawi, Bansir Laut, Kec. Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat 78124
Email korespondensi: gitasuryanilubis@teknik.untan.ac.id

Abstrak

Dalam proses pemanasan logam, diperlukan suatu alat yang dapat membantu dalam proses perlakuan panas (*heat treatment*), yaitu *furnace* di mana terdapat ruang didalamnya untuk melakukan pemanasan pada suatu benda kerja hingga mencapai suhu tertentu dan ditahan dalam selang waktu tertentu pula. Dalam kajian ini, dilakukan perancangan *furnace* menggunakan perangkat lunak Autodesk Fusion 360, sedangkan pembuatan *furnace* menggunakan beberapa komponen seperti kawat kanthal A1 sebagai elemen pemanas, bata tahan api SK34, dan semen Castabel C16 yang digunakan sebagai bahan penahan panas. Analisis unjuk kerja dilakukan dengan cara menghitung kecepatan pencapaian suhu maksimal *furnace*, waktu yang dibutuhkan agar dapat mencapai suhu maksimal, serta konsumsi energi. Berdasarkan hasil perancangan dan perhitungan, dihasilkan sebuah *furnace* dengan dimensi luar sebesar 40x30x40 cm dan dimensi ruang pemanas sebesar 18x18x18 cm. Uji coba *furnace* dilakukan dengan melelehkan material aluminium di mana titik leleh material tersebut dalam keadaan murni adalah sebesar 660°C. Pengujian selanjutnya yang dilakukan menunjukkan bahwa suhu maksimal yang dapat dicapai yaitu sebesar 700°C, sedangkan waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu tersebut selama 50 menit dengan konsumsi energi sebanyak 2.404,6 Watt.

Kata kunci: *furnace*, kanthal A1, SK34, aluminium.

Abstract

In the metal heating process, a tool is needed that can help the heat treatment process, namely a furnace where there is a space inside to warm up the workpiece to a certain temperature and hold it for a certain time interval. In this study, the furnace design was carried out using Autodesk Fusion 360 software, while the manufacture of the furnace uses several components such as A1 kanthal wire as a heating element, SK34 refractory brick, and Castabel C16 cement which is used as a heat retaining material. Performance analysis is carried out by calculating the speed of reaching the maximum temperature that can be achieved, the time required to reach the maximum temperature, and energy consumption. Based on the results of design and calculation, a furnace with external dimensions of 40x30x40 cm and heating chamber dimensions of 18x18x18 cm was produced. Furnace trials were carried out by melting aluminium material where the melting point of the material in its pure state is 660°C. Further tests carried out show that the maximum temperature that can be reached is 700°C, while the time required to reach that temperature is 50 minutes with an energy consumption of 2,404.6 Watts.

Keywords: furnace, kanthal A1, SK34, aluminium.

1. Pendahuluan

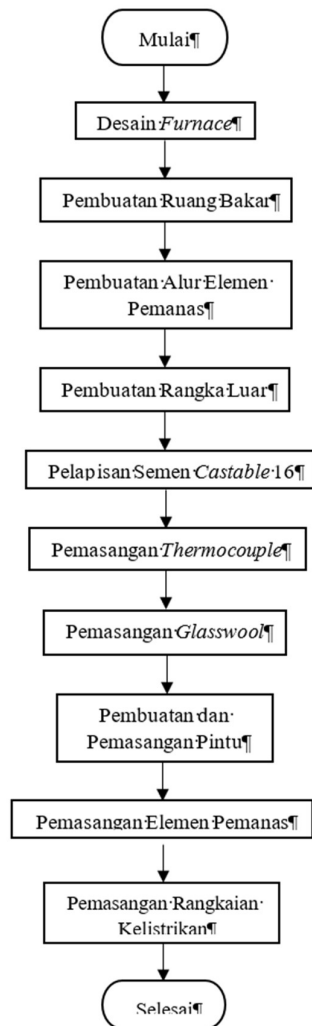
Dalam proses pemanasan logam, diperlukan suatu alat yang dapat membantu proses perlakuan panas (*heat treatment*), yaitu *furnace*. Dalam dunia industri, *furnace* digunakan di berbagai industri seperti pembuatan keramik dan bata, industri semen dan kapur, pembuatan gelas, peleburan biji logam, pemurnian logam, *flash* dan *fluid bed furnace*, proses *incinerator* atau *recovery resource*, *reducing atmosphere*, pemurnian minyak dan petrokimia [1]. Dalam *furnace* ini terdapat ruang di mana didalamnya dilakukan pemanasan pada benda kerja hingga suhu tertentu dan ditahan selama selang waktu tertentu. Agar proses pemanasan material dapat terjadi dengan optimum, diperlukan suatu *furnace* yang memiliki kemampuan untuk dapat menahan panas hingga mencapai titik lebur serta dapat bertahan dalam jangka waktu yang relatif lama. *Furnace* yang biasa digunakan memiliki berbagai variasi yang dapat

dibedakan dari kapasitas pemanasan mulai dari suhu 200°C hingga 1200°C [2]. Pada umumnya, penggunaan *furnace* juga sangat dibutuhkan di laboratorium yang ada pada Perguruan Tinggi di mana digunakan sebagai suatu prasarana dalam bidang pendidikan yang berkaitan dengan keilmuan teknik mesin. Oleh karena pentingnya pembelajaran mengenai *furnace* pada bidang pendidikan dan keilmuan teknik mesin, maka diperlukan suatu kajian mengenai prinsip kerja *furnace* sebagai faktor utama berlangsungnya proses *heat treatment*. Dalam kajian ini, dilakukan suatu perancangan, pembuatan dan unjuk kerja *furnace* di mana dalam proses pembuatannya menggunakan elemen pemanas dengan jenis kawat kanthal A1. Adanya penggunaan jenis kawat ini dikarenakan bahan tersebut memiliki nilai resistansi yang relatif tinggi, sehingga dapat menghasilkan panas yang tinggi pula [3]. Selanjutnya, *furnace* yang dihasilkan akan digunakan sebagai alat bantu dalam proses pembelajaran di Laboratorium

Dasar Teknik Mesin, Universitas Tanjungpura. Hasil analisis kinerja *furnace* akan dapat digunakan menjadi dasar identifikasi beberapa hal yang perlu ditingkatkan dan memastikan bahwa *furnace* berfungsi dengan baik selama proses *heat treatment* berlangsung [4]. Selain itu, alat ini juga dapat dimanfaatkan untuk mempermudah melakukan kajian lanjutan tentang sifat-sifat mekanis material logam dengan melakukan proses perlakuan panas dengan tingkat akurasi kontrol suhu yang baik.

2. Metode

Adapun tahapan proses dalam kegiatan ini ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram alir.

Prosedur awal dalam kajian ini dimulai dengan pembuatan desain *furnace* menggunakan *software* Autodesk Fusion 360, di mana *furnace* memiliki dimensi luar sebesar 40x30x40 cm, sedangkan dimensi ruang pembakaran sebesar 18x18x18 cm [5]. Selain itu, dibuat suatu rangka yang berfungsi sebagai tempat peletakan *furnace* seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain furnace.

Setelah tahapan desain, selanjutnya dilakukan pengumpulan sejumlah peralatan serta bahan-bahan yang diperlukan. Berikut ini beberapa peralatan dan bahan utama yang digunakan untuk membuat *furnace* disajikan di Tabel 1 [6].

Tabel 1. Bahan utama pembuatan furnace.

No	Alat/Bahan	Keterangan
1	Bata tahan api SK34	Sebagai dinding <i>furnace</i>
2	Kawat Kanthal A1	Sebagai elemen pemanas
3	Semen <i>Castable</i> C16	Melapisi dinding <i>furnace</i>
4	Plat Besi	Sebagai <i>cover furnace</i>
5	<i>Glasswool</i>	Membuat lapisan <i>cover</i> pada dinding <i>furnace</i>
6	Besi <i>Hollow</i>	Pembuatan rangka

Tahapan selanjutnya yaitu pembuatan ruang bakar, di mana memiliki dimensi keseluruhan sebesar 5.832 cm³, kemudian dilakukan perhitungan panjang kawat yang diperlukan dengan menggunakan Persamaan 1 berikut, kemudian didapatkan hasil sebesar $p = 20,09$ m.

$$p = \pi \times D \times \mu \quad (1)$$

Keterangan:

p = panjang kawat

D = diameter lilitan

μ = jumlah lilitan

Tahapan selanjutnya yaitu proses pemotongan bata serta pembuatan alur untuk elemen pemanas seperti terlihat pada Gambar 3 berikut.



(a)



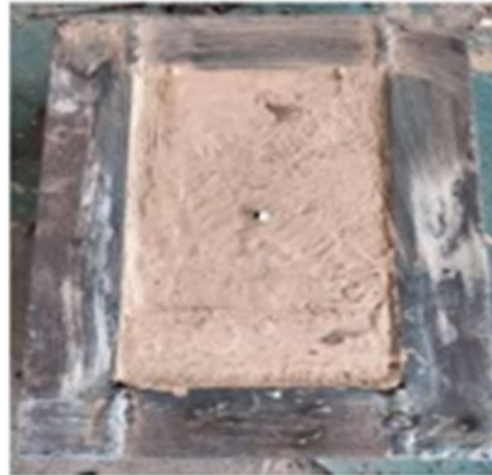
(b)

Gambar 3. (a) Pemotongan bata dan (b) alur pada bata.

Tahapan selanjutnya yaitu pembuatan rangka luar dengan menggunakan besi siku berukuran 0,5x0,5 cm dengan tebal 0,5 cm [7]. Besi tersebut kemudian di las dengan tujuan agar dapat digunakan sebagai rangka luar tempat bata diletakkan [8]. Adapun tahapan proses tersebut ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini.



(a)



(b)

Gambar 4. (a) Pengelasan dan (b) pemasangan besi siku.

Proses pelapisan semen pada batu bata SK34 menggunakan semen tahan api *Castable C16*. Proses menyemen atau melapisi batu bata SK34 bertujuan untuk merekatkan semua batu bata SK34 yang sudah diberi besi siku [9]. Selanjutnya, setelah diberi lapisan dengan semen *Castable C16*, kemudian proses pengeringan pada batu bata SK34 dilakukan selama 1 hari untuk memastikan bahwa lapisan semen tersebut sudah benar-benar kering [10]. Hasil pelapisan tersebut ditunjukkan pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Proses pelapisan menggunakan semen castable c16.

Proses selanjutnya yaitu pemasangan *thermocouple* dan besi *stainless steel*. Tahap pertama dilakukan proses pengeboran pada bagian belakang *furnace* untuk memasang termokopel tipe K dengan menggunakan bor listrik dan mata bor beton berdiameter 1,2 cm. Selanjutnya pengeboran batu bata untuk memasang besi *stainless steel* menggunakan bor listrik dengan mata bor beton berdiameter 0,8 cm seperti ditunjukkan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Proses pengeboran dan pemasangan *thermocouple*.

Proses pemasangan *glasswool* yang berfungsi sebagai isolator tahan panas. Proses pelapisan *glasswool* dilakukan sebanyak 2 kali dengan maksud agar panas yang dihasilkan tidak melebihi kapasitas panas pada *cover furnace* dan menghindari kerusakan *cover*

akibat konduksi panas yang ditimbulkan oleh bata tahan api dan semen *Castable C16*. Tahapan tersebut ditunjukkan pada Gambar 7 sebagai berikut.



Gambar 7. Pemasangan *glasswool*.

Proses pembuatan dan pemasangan pintu *furnace* dengan menggunakan pelat besi setebal 0,6 cm. Selanjutnya engsel pada pintu dilas dan di-*clamp* untuk menghindari celah yang berakibat pada kebocoran suhu. Adapun tahapan tersebut terlihat pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Pemasangan dan pengelasan pintu.

Proses pemasangan kawat pemanas pada ruang bakar sesuai dengan alur yang telah dibuat sebelumnya. Sebelumnya dilakukan pemasangan baut *stainless steel* untuk memisahkan rangkaian positif dan negatif dari arus listrik yang akan terpasang pada *furnace*. Proses tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Pemasangan kawat pemanas sesuai alur.

Proses pemasangan rangkaian kelistrikan pada *furnace* di mana arus yang masuk akan melewati suatu MCB (pemutus arus jika terdapat kelebihan beban atau terjadinya hubungan singkat). MCB ini berguna untuk menyuplai seluruh rangkaian kelistrikan setiap unit pada panel, dalam *furnace* ini terpasang dua buah *thermocontrol*, di mana setiap *thermocontrol* memiliki fungsi yang berbeda. Salah satu unit digunakan untuk mengontrol suhu pada *furnace*, di mana menggunakan metode kontrol pada PID. Kontrol ini berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan kontaktor, di mana digunakan sebagai

aktuator, sedangkan pada *thermocontrol* lainnya digunakan sebagai pengontrol suhu dan untuk menyalakan *timer delay* serta menghitung lamanya proses pemanasan yang terjadi. Kedua *thermocontrol* tersebut memiliki satu buah sensor yang dipasang secara paralel untuk mengidentifikasi suhu pada *furnace*. Indikator nyala dan mati kontaktor pada *heater* dapat dilihat dari *pilot lamp* yang berwarna hijau dan merah, warna hijau mengindikasikan *heater* dalam posisi sedang menyala, sedangkan warna merah berarti *heater* dalam keadaan mati. Selain itu juga apabila waktu pemanasan telah berakhir, maka indikator warna pada *pilot lamp* akan berwarna merah dan selalu menyala.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan keseluruhan tahapan yang dimulai dari desain, pembuatan rangka, ruang pembuatan pembakaran, serta rangkaian kelistrikan yang telah dilakukan, diperoleh sebuah *furnace* seperti ditunjukkan pada Gambar 10 berikut ini.



Gambar 10. Furnace.

Adapun spesifikasi dari *furnace* yang telah dibuat, ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Spesifikasi furnace.

Nama	Keterangan
Dimensi Luar <i>Furnace</i>	40x30x40 cm
Dimensi Ruang Bakar	18x18x18 cm
Elemen Pemanas	Kawat kanthal A1 0,1 cm
Bata tahan api SK34	23x11,4x6,4 cm
Voltage	240V; 1 phase
Berat Total	80 kg

Uji coba pada *furnace* yaitu dengan melakukan pemanasan dengan suhu awal yaitu suhu ruangan 30°C. Adapun hasil pengujian dari *furnace* dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil uji coba furnace.

Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	Waktu (menit)
30	87	1
87	185	2
185	270	3
270	328	4
328	372	5
372	402	6
402	425	7
425	444	8
444	459	9
459	472	10
556	563	20
620	624	30
664	668	40
697	700	50

Berdasarkan Tabel 3 di atas, diketahui bahwa suhu maksimum yang dapat dicapai oleh *furnace* adalah sebesar 700°C dengan waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu tersebut yaitu selama 50 menit. Adapun kenaikan suhu tertinggi diperoleh pada saat *furnace* dioperasikan yaitu pada 2 menit awal dengan tingkat kenaikan suhu sebesar 98°C, sedangkan setelah menit ke-3 hingga menit ke-10, kenaikan suhu cenderung kecil yaitu berkisar rata-rata $\pm 28,8^\circ\text{C}$, kemudian pada menit ke-20 terjadi lonjakan kenaikan suhu sebesar 91°C. Pada menit ke-30 hingga 50, kenaikan suhu yang terjadi tidak signifikan yaitu sebesar rata-rata $\pm 45,6^\circ\text{C}$. Pada pengujian lanjutan, dilakukan penahanan pada saat suhu mencapai 700°C dengan waktu penahanan (*holding time*) selama 60 menit. Proses penahanan ini bertujuan agar dapat diketahui unjuk kerja pada *furnace* terhadap suhu dan dapat bertahan stabil, sehingga dapat digunakan untuk proses perlakuan panas suatu material logam. Berdasarkan hasil pengujian *furnace*, di mana dilakukan suatu proses pemanasan awal dari material yang dimulai dari suhu ruang sebesar 30°C hingga suhu maksimum sebesar 700°C selama 50 menit, diketahui bahwa konsumsi pemakaian listrik sebesar 4,9 kWh. Selanjutnya berdasarkan proses *holding time* yang dilakukan, *furnace* yang dihasilkan dapat dapat stabil suhunya di angka 700°C selama lebih dari 60 menit. Berdasarkan nilai suhu maksimum tersebut selanjutnya dilakukan uji coba proses perlakuan panas pada material aluminium. Pengujian yang telah dilakukan terbukti dapat melelehkan material logam aluminium yang mana material tersebut memiliki titik leleh sebesar $\pm 600^\circ\text{C}$.

4. Kesimpulan

Berdasarkan prosedur yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa telah dihasilkan sebuah alat *furnace* listrik yang menggunakan elemen pemanas

dengan jenis kawat kanthal A1 yang memiliki spesifikasi seperti yang terlihat pada Tabel 2. Desain awal *furnace* dibuat dengan menggunakan *software* Autodesk Fusion 360. Berdasarkan hasil uji coba terhadap unjuk kerja *furnace* diketahui bahwa suhu maksimum yang dapat dicapai adalah sebesar 700°C. Agar tercapai suhu maksimum tersebut dibutuhkan waktu selama 50 menit dengan konsumsi listrik sebesar 4,9 kWh. Pengujian juga telah dilakukan dengan cara memanaskan material aluminium yang mana material tersebut memiliki titik leleh sebesar ±600°C. Dalam hal keberlanjutan kajian terhadap *furnace*, perlu dilakukan variasi elemen pemanas serta pengaruh diameter pada elemen pemanas. Hal tersebut bertujuan agar diketahui variasi dan ukuran mana yang dapat menghasilkan suhu tertinggi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan dalam proses pengujian yang telah dilakukan. Terima kasih pula diucapkan kepada Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura yang telah memberikan dukungan baik berupa sarana dan prasarana terhadap pengujian yang dilakukan.

Daftar Pustaka

- [1] M. Rahmat, "Perancangan Dan Pembuatan Tungku Heat Treatment," Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, vol. 3(2), pp. 133-148, 2015.
- [2] D. Purwanto and R. Nasa, "Perancangan Tungku Pemanas dengan Menggunakan Khantal A1," Media mesin: Majalah Teknik Mesin, vol. 22, pp. 13-21, 2021.
- [3] V. S. Vingsaba and W.A., 2020. "Analisis dan Perbandingan Jenis Kawat Kanthal A-1 dan Nichrome 80 Sebagai Elemen Pemanas Pada Oven Listrik Hemat Energi," Jurnal Ilmiah teknik elektro, vol. 3, pp. 13-21
- [4] Prayitno and Dody. Teknologi Rekayasa Material. Jakarta: 2010
- [5] Rizal, A., Y. Samantha, dan A. Rachmat. 2016. Pembuatan Tungku Pemanas (Muffle Furnace) Kapasitas 1200 °C. Jurnal J-Ensitem 2(2):13-16
- [6] S. N. Huda. 2011. "Rancangan Bangun Sistem Pengendali Temperatur Furnace Dengan Menggunakan Sensor Termokopel Tipe-K Berbasis Mikrokontroler Atmega 16," JUI
- [7] Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa. 2006. Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: Pradya Paramita.
- [8] Suprastiyo, H., dan P. H. Tjahjanti. 2016. Pembuatan Electric Furnace Berbasis Mikrokontroler. Rekayasa Energi Manufaktur 1.
- [9] Pambudi, R. 2018. Pengaruh Variasi Diameter dan Panjang Elemen Pemanas Kanthal A-1 Terhadap Waktu Tercapai Temperatur 1.000°C pada Tungku dengan Mekanisme Tahanan Listrik. Skripsi Universitas Negeri Semarang: Semarang.
- [10] Olalere A. A., O. A. Dahunsi, M. A. Akintunde, dan M. O. Tanimola. 2015. Development of A Crucible Furnace Fired with Spent Engine Oil Using Locally Sourced Materials. International Journal of Innovation and Applied Studies. 13(2): 281-288.