



Jurnal Artikel

Proses Re-Desain dan Perbaikan *Furnace* Dengan Daya 5000 W

I Wayan Sugita^{1*}, Ferry Budhi Susetyo¹, Hanapi¹, Moh Sahal Rifai¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta
wayan-sugita@unj.ac.id, fbudhi@unj.ac.id, hanapiism@gmail.com, sahalrifai4@gmail.com

*Corresponding author – Email: wayan-sugita@unj.ac.id

Artikel Info -: Received: 3 Dec 2021; Revised: 7 Jan 2022; Accepted: 10 Jan 2022

Abstrak

Re-Desain dan perbaikan *furnace* dengan konsumsi daya 5000Watt ini dilakukan untuk memperbaiki dan menambah bagian-bagian dari *furnace* yang sudah ada. Hal ini dilakukan agar *furnace* yang lama bisa disempurnakan secara kegunaannya. Dalam proses re-desain mempunyai beberapa tahapan yaitu diawali dengan tahap pembuatan sketsa gambar, ukuran rangka, ruang pembakaran, dan dilanjutkan pada tahap pembuatan gambar kerja. Selanjutnya adalah analisis perhitungan jumlah kalor yang dilirkan dan konsumsi listrik yang terpakai. Berdasarkan hasil dari proses pengujian *furnace*, dapat disimpulkan bahwa *furnace* yang telah di re-desain dan diperbaiki mampu bekerja secara maksimal. Suhu yang dihasilkan *furnace* mencapai 833°C dalam waktu 26 menit 34 detik.

Kata kunci: Daya 5000 W, *Furnace*, Perbaikan dan Re-Desain

Abstract

Re-design and repair of the furnace with a power consumption of 5000Watt was carried out to repair and add parts of the existing furnace. This is done so that the old furnace can be refined in its usefulness. In the re-design process, there are several stages, starting with the stage of making a sketch of the drawing, the size of the frame, the combustion chamber, and continuing at the stage of making working drawings. Next is the analysis of the calculation of the amount of heat released and the electricity consumption used. Based on the results of the furnace testing process, it can be concluded that the re-designed and repaired furnace is able to work optimally. The temperature produced by the furnace reaches 833°C within 26 minutes 34 second.

Keywords: 5000 W, *Furnace*, Repair and Re-Design



© 2020 by authors. Lisensi Jurnal Metal : Manufaktur, Energi, Material Teknik, Uhamka, Jakarta. Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

Pendahuluan

Perkembangan teknologi dan industri terus berkembang mengikuti perkembangan zaman, sehingga banyak teknologi yang digunakan dalam peleburan logam. Sejak ditemukan 4000 tahun SM, perkembangan dalam peleburan logam sangat pesat, mulai dari metode hingga tungku peleburan. Alat peleburan logam atau tungku merupakan alat yang biasanya digunakan untuk peleburan, serta perlakuan panas pada logam [1]. Proses perlakuan panas pada logam dapat mengubah sifat-sifat mekanik sesuai dengan yang diinginkan. Metode ini dapat menghasilkan

logam dengan tingkat ketangguhan yang baik, serta ulet sehingga logam dapat dijadikan sebagai penyusun konstruksi permesinan (Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan hingga suhu tertentu, lalu dilakukan pendinginan dengan media udara, air, minyak serta oli [2]. Dalam penggunaan energinya, *furnace* terbagi menjadi dua yaitu *furnace* dengan bahan bakar gas, batubara dan *electric furnace* dengan penggunaan energi listrik sebagai pembangkit panas. Sampai dengan saat ini, terdapat beberapa jenis tungku peleburan, seperti tungku *electric arc furnace*, *blast furnace*, dan kupola [3]. Ada beberapa jenis *furnace* yang bisa ditemukan sekarang ini antara lain *drop tube furnace*. *Drop*

Tube Furnace (DTF) merupakan *furnace* yang dapat digunakan untuk menyimulasikan pembakaran batubara bersekala laboratorium yang lebih ekonomis dan sederhana pengoperasiannya [4]. Selain tungku peleburan dunia industri logam juga membutuhkan tungku perpindahan panas, dimana logam jadi dapat dipanaskan ulang untuk diperbaiki kemampuan mekanisnya.

Logam bisa diproses dengan perlakuan panas umumnya logam paduan Fe dan C. pada kadar karbon tertentu atau paduan lain yang sesuai. Baja banyak digunakan sebagai bahan konstruksi dan sebagai perkakas. Perlakuan yang diberikan logam antara lain adalah perlakuan panas atau *Heat Treatment*, yang merupakan suatu proses perlakuan terhadap logam yang diinginkan dengan cara memberikan pemanasan dan kemudian dilakukan pendinginan dengan media pendingin tertentu, sehingga sifat fisiknya dapat diubah sesuai dengan yang diinginkan. *Heat Treatment* (perlakuan panas) adalah salah satu proses untuk mengubah struktur mikro logam dengan jalan memanaskan spesimen dalam *elektrik terance* (tungku) pada temperatur rekristalisasi selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, air faram, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda. Untuk proses perlakuan panas tersebut diatas diperlukan metode atau alat bantu yang dapat mendukung proses perlakuan panas. Tungku *Heat Treatment* adalah alat bantu yang dapat mendukung proses perlakuan panas, alat ini dirancang untuk dapat menahan panas pada suhu pada fase *recovery* fase rekristalisasi dan fase *grain growth* atau tumbuhnya butir [5].

Furnace yang ada di pasaran saat ni harganya mencapai Rp. 25.650.000 [6]. Ada juga tungku pemanas listrik (*furnace*) seperti pada online shop Tokopedia dijual *muffle furnace* dengan dimensi 255x280x385 mm seharga Rp.19.500.000 [7]. Untuk itu penulis berinisiatif untuk membuat *furnace* listrik 5000 W yang lebih ringan dan biaya yang lebih murah dari harga pasaran serta menggunakan listrik sebagai sumber tenaga utamanya.

Dari proses pembuatan *furnace* yang sudah dilakukan, teradapat berbagai masalah dari hasil *furnace* yang sudah jadi tersebut (*furnace* sebelumnya) antara lain: *furnace* yang sudah jadi tidak mampu bertahan hingga suhu 1000°C, pemasangan komponen elektrik yang salah seperti pemasangan MCB, pemasangan ujung heater yang tidak dilapisi dengan keramik mengakibatkan terjadi hubungan arus, sehingga *heater* putus, tidak adanya ganggang pintu bagian depan *furnace*, tidak adanya Rak *furnace*, tidak adanya ganggang penutup bagian atas *furnace* dan tidak adanya engsel dan pengunci pada *box* kelistrikan *furnace*.



Gambar 1. *Furnace* setelah perbaikan

Metodologi Penelitian

Prosedur re-desain dan perbaikan *furnace* dengan konsumsi daya 5000 Watt diawali dengan proses analisis kerusakan pada *furnace*, lalu proses desain dan menentukan material, serta proses perbaikan.

Analisis Kerusakan

Analisis kerusakan ini dimulai dengan pengujian alat *furnace* mencapai suhu 650°C. Ketika mencapai suhu tersebut, terjadi perlambatan kenaikan suhu, penurunan suhu tidak konstan, serta terjadinya *trip* pada MCB. Berikut ini merupakan hasil identifikasi dari analisis kerusakan:

Tabel 1. Analisis kerusakan *furnace*

No.	Komponen	Analisis Kerusakan	Perbaikan
1.	Bata tahan panas	Adanya kesalahan dalam proses pengukuran/pembuatan celah terhadap <i>heater</i> , sehingga mengakibatkan pecahan terhadap bata tahan panas. Kejadian tersebut megakibatkan penurunan suhu tidak konstan	Memotong bata tahan panas sesuai dengan ukuran, lalu diukir dan disemen kembali
2.	<i>Mica Wire</i>	Tidak ada	Tidak ada
3.	Isolasi panas	Kenaikan suhu lebih dari 300°C mengakibatkan isolasi panas meleleh, sehingga <i>heater</i> bersentuhan dengan kotak <i>furnace</i> berbahan pelat besi. Adanya sentuhan ini, mengakibatkan terjadinya <i>trip</i> pada MCB	Mengganti komponen isolasi panas yang sebelumnya menggunakan serat diganti dengan keramik
4.	<i>Heater</i>	Kenaikan suhu lebih dari 400°C mengakibatkan <i>heater</i> mengalami deformasi, ketika mencapai suhu lebih dari 650°C <i>heater</i> putus	Mengganti <i>heater</i> yang sebelumnya menggunakan tipe <i>Ni-Chrom</i> menjadi <i>khantal</i>
5.	<i>Solid State Relay</i>	Tidak ada	Tidak ada
6.	Termokopel	Adanya kerusakan yang mengakibatkan termokopel hampir putus, sehingga suhu yang diukur kurang presisi/kurang tepat	Mengganti termokopel yang baru dan mampu mengukur suhu hingga 1000°C
7.	Termokontrol	Termokontrol tidak dapat membatasi kenaikan laju suhu yang sudah ditentukan	Mengganti unit termokontrol yang baru

Heating Element

Heating element yang digunakan adalah jenis khantal/iron-chromium-aluminium berbentuk kawat spiral. Heating element yaitu komponen yang merubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *joule heating*. Prinsip kerjanya adalah harus ada arus listrik yang mengalir pada kawat spiral yang menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen [8].



Gambar 2. Heating element

Termokopel

Termokopel adalah perangkat listrik yang terdiri dari dua konduktor listrik berbeda yang berbentuk sambungan listrik pada suhu yang berbeda. Termokopel menghasilkan tegangan yang bergantung pada suhu sebagai akibat dari akibat efek elektromagnetik, dan tegangan ini dapat diinterpretasikan untuk mengukur suhu [9]. Termokopel yang digunakan adalah tipe K karena tipe ini mampu mengukur suhu hingga 1250°C.



Gambar 3. Termokopel

Termokontrol

Termokontrol yang digunakan yaitu *PID controller REX C100* yang penggunaannya, pemasangan kelistrikannya yang mudah dan sesuai kebutuhan. Sistem otomatis yang memanfaatkan bantuan berbagai macam input seperti sensor gerak, sensor suhu, sensor kecepatan, dan selanjutnya diproses oleh kontrol unit untuk memberikan perintah kepada sistem selanjutnya [10].



Gambar 4. Termokontrol

Mica Wire

Mica wire merupakan kabel yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik, tetapi memiliki ketahanan terhadap panas sehingga cocok untuk digunakan sebagai salah satu komponen pada *furnace*.



Gambar 5. Mica wire

Solid State Relay

Solid state relay adalah komponen semi konduktor yang bekerja seperti relay mekanis dan untuk otomatis mampu mengendalikan beban listrik tanpa penggunaan komponen mekanis seperti halnya pada relay mekanis. Solid State Relay yang digunakan yaitu inputnya 3-32VDC.



Gambar 6. Solid state relay

Terminal Keramik

Blok terminal keramik yang digunakan yaitu jenis lubang 4. Fungsi blok terminal keramik untuk menghubungkan dan mengisolasi. Tubuh utama terbuat dari bahan keras, seperti pelastik atau keramik, yang secara elektrik mengisolasi blok yang berdekatan. Bahan konduktor tersebut dari tembaga dan logam tahan korosi yang kompatibel dengan tembaga[11].



Gambar 7. Terminal keramik

Miniatur Circuit Breaker(MCB)

MCB merupakan jenis peralatan proteksi berfungsi sebagai pemproteksi arus lebih untuk melindungi peralatan listrik dari arus lebih yang disebabkan terjadinya beban lebih dan arus lebih karena adanya hubungan pendek (*short circuit*)[12].



Gambar 8. MCB

Bata Tahan Panas

Bata tahan panas yang digunakan yaitu bata tahan panas C1. Bata tahan api yaitu suatu material inorganik baik natural umumnya senyawa oksida maupun sintesis yang mampu mempertahankan sifat mekanis dan kimianya terhadap beban temperature diatas 1500°C tanpa terjadi perubahan bentuk atau melebur [13].



Gambar 9. Bata tahan panas

Besi Siku

Besi siku yang digunakan untuk membuat kontruksi rangka *furnace*, besi siku yang digunakan adalah ukuran 40 cm x 40 cm x 3 cm dan 30 cm x 30 cm x 3 cm.



Gambar 10. Besi siku

Semen Tahan Api

Refraktori mortar berfungsi untuk mengikat satu bata dengan bata lainnya dan membentuk lapisan penutup pada sambungan. Setiap *mortar* memiliki sifat sendiri-sendiri, seperti perpaduan, kekuatan, ketidak tembusan, sifat plastis, dan kestabilan isi (*volume stability*). Pemakai harus mengingat akan kecocokan mortar, apakah material *refraktori* akan tahan terhadap *slag*, logam cair dan kondisi atmosfir yang dihadapinya. *Refraktori mortar* harus sedekat mungkin dengan bata *refraktori* yang akan digunakan, baik dari segi komposisi maupun sifat fisika, kimia dan termal [14].



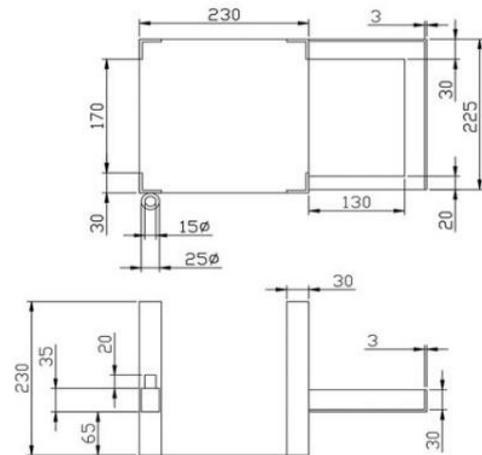
Gambar 11. Semen tahan api

Hasil Dan Pembahasan

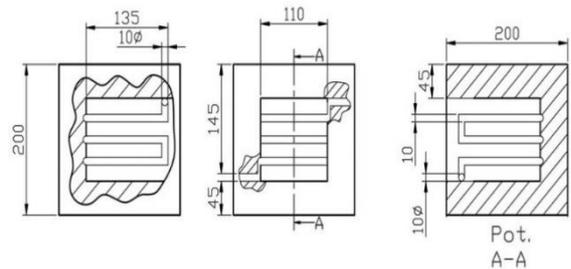
Pada hasil dan pembahasan akan ditampilkan pembuatan gambar kerja, hasil uji *furnace*, dan hasil perhitungan jumlah kalor yang dialirkan.

Pembuatan gambar kerja

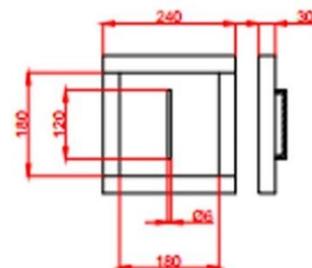
Gambar kerja ditunjukkan pada gambar 12 sampai dengan gambar 17.



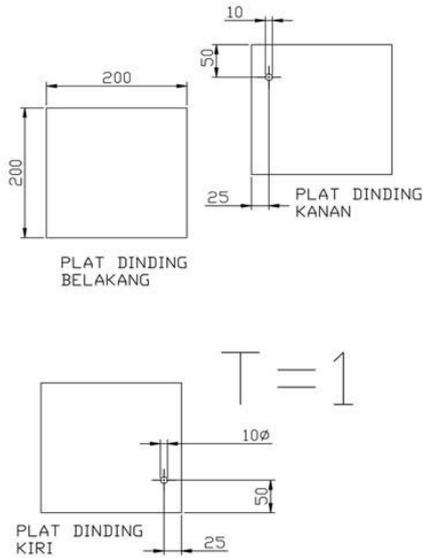
Gambar 12. Rangka *furnace*



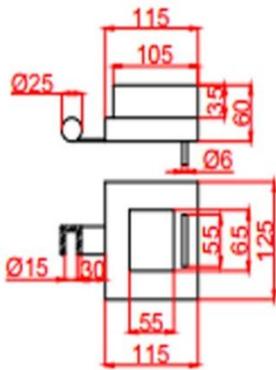
Gambar 13. Ruang bakar *furnace*



Gambar 14. Penutup atas *furnace*



Gambar 15. Plat dinding



Gambar 16. Pintu furnace



Gambar 17. Furnace 3 dimensi

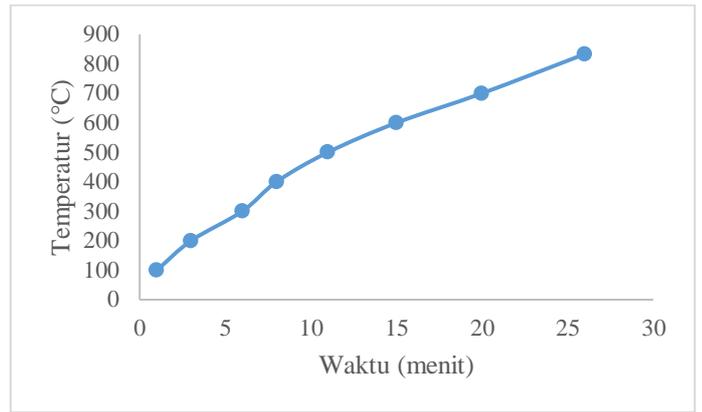
Kondisi furnace sebelum dan sesudah diperbaiki dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kondisi furnace sebelum dan sesudah

No.	Komponen	Kondisi Sebelum Perbaikan	Kondisi Setelah Perbaikan
1.	Bata Tahan Panas		

No.	Komponen	Kondisi Sebelum Perbaikan	Kondisi Setelah Perbaikan
3.	Heater	 Bata tahan panas mengalami keretakan yang menyebabkan kenaikan dan penurunan suhu kurang stabil.	 Bata tahan panas yang sebelumnya mengalami kerusakan telah dibuat kembali.
4.	Isolasi Panas	 Heater furnace yang putus saat pengujian mencapai suhu 650°C.	 Heater furnace yang sebelumnya putus telah diganti dan dipasang menggunakan jenis khantal.
4.	Isolasi Panas	 Isolasi tahan panas dengan bahan fiberglass tidak mampu menahan panas lebih dari 300°C yang menyebabkan heater bersentuhan dengan box sehingga terjadi trip.	 Mengganti isolasi tahan panas yang sebelumnya menggunakan bahan fiberglass menjadi bahan keramik. Isolasi tahan panas bahan keramik mampu menahan panas hingga 1200°C.
5.	Termokopel	 Ketika pengujian alat, termokopel hampir putus sehingga pengukuran suhu kurang tepat.	 Termokopel telah diganti menggunakan termokopel tipe K yang mampu mengukur suhu mencapai 1250°C.

No.	Komponen	Kondisi Sebelum Perbaikan	Kondisi Setelah Perbaikan
6.	Termokontrol		
		Termokopel sebelumnya tidak mampu membatasi suhu yang telah ditentukan, sehingga kenaikan suhu tetap berjalan walaupun telah dibatasi suhu maksimalnya.	Termokontrol telah diganti dan dirangkai sesuai dengan wiring diagram.
7.	Rangka Furnace Kaki		
		Furnace dengan daya 5000 W sebelumnya tidak memiliki rangka kaki untuk menyanggahnya.	Rangka kaki furnace telah dibuat dengan ergonomis sehingga memudahkan dalam proses peleburan atau pemanasan logam.



Gambar 18. Grafik hasil pengujian furnace

Hasil Perhitungan Jumlah Kalor Yang Dialirkan

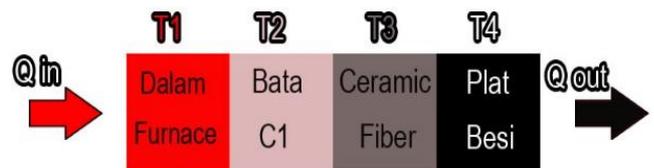
Daya elemen pemanas yang digunakan adalah 5000W/220V. berdasarkan rumus. maka elemen pemanas ini memiliki hambatan sebesar

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220)^2}{5000} = 9,68 \Omega$$

Dengan mengetahui hambatan dari elemen pemanas tersebut, maka besar arus yang mengalir pada elemen pemanas tersebut dapat dicari. Arus yang mengalir pada elemen pemanas tersebut dengan hambatan 9,68 Ω dan tegangan 220 volt adalah:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{220}{9,68} = 22.72 A$$

Furnace yang dibuat terdiri dari 3 lapis isolasi yaitu bata tahan api, ceramic fiber, dan plat besi. penggambaran lapisan tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 19. Ilustrasi lapisan insulasi

Pertama-tama kita cari terlebih dahulu nilai T1, T2, T3, T4. T1 dan T4 dapat diketahui secara langsung. T1 didapat dari temperatur yang diinginkan, disini penulis menginginkan temperature 833°C, maka T1=833°C. T4 didapat dengan cara mengukur suhu luar furnace dengan menggunakan pengukur temperatur, didapat T4 = 34°C. Laju aliran kalor pada setiap lapisan isolasi haruslah sama, maka $q_{total} = q_1 = q_2 = q_3$. Jadi:

$$\frac{\Delta T_{total}}{R_{total}} = \frac{\Delta T_1}{R_1} = \frac{\Delta T_2}{R_2} = \frac{\Delta T_3}{R_3}$$

Hasil Uji Furnace

Pengujian merupakan tahap menentukan dalam keberhasilan perbaikan dan pembuatan furnace. Tahap ini dilakukan setelah semua proses perbaikan serta pembuatan selesai. Pengujian dilakukan dengan cara menaikkan suhu di dalam ruang furnace hingga 833°C dengan memperhatikan ketahanan heater dalam proses pemanasan pada furnace. Di dalam ruang furnace, terdapat termokopel sebagai sensor pengukur suhu dan hasil pengukuran akan ditampilkan pada layar termokontrol. Berikut ini adalah hasil pengujian furnace:

Tabel 3. Hasil pengujian furnace

Waktu	ΔWaktu	Temperatur
1 menit 45 detik	1 menit 45 detik	27°C - 100°C
3 menit 45 detik	2 menit	100°C - 200°C
6 menit 8 detik	2 menit 23 detik	200°C - 300°C
8 menit 51 detik	2 menit 43 detik	300°C - 400°C
11 menit 33 detik	2 menit 42 detik	400°C - 500°C
15 menit 13 detik	3 menit 40 detik	500°C - 600°C
20 menit 34 detik	5 menit 21 detik	600°C - 700°C
26 menit 34 detik	6 menit	700°C - 833°C

Dari tabel 3 hasil pengujian furnace dapat dibuat grafik sebagai berikut

Nilai $R_{total} = R_1 + R_2 + R_3$, maka kita harus mencari terlebih dahulu nilai masing masing dari R_1 , R_2 , dan R_3 . Perhitungannya:

$$R_1 = \frac{\Delta X_1}{k_1 \cdot A_1} = \frac{0,045m}{0,3W/m^{\circ}C \cdot 0,038} = 1,19W/m^{\circ}C$$

Dimana:

ΔX_1 = Tebal bata tahan api (m)

k_1 = Konduktivitas *thermal* bata tahan api (W/m^oC)

A_1 = Luas penampang bata tahan panas (m²)

$$R_2 = \frac{\Delta T_2}{k_2 \cdot A_2} = \frac{0.01 m}{0,180W/m^{\circ}C \cdot 0.038m} = 1,47W/m^{\circ}C$$

Dimana:

ΔX_2 = Tebal *ceramic fiber* (m)

k_2 = Konduktivitas *thermal ceramic fiber* (W/m^oC)

A_2 = Luas penampang *ceramic fiber* (m²)

$$R_3 = \frac{\Delta X_3}{k_3 \cdot A_3} = \frac{0.001m}{80w/m^{\circ}C \cdot 0.038m} = 0,000328W/m^{\circ}C$$

Dimana:

ΔX_3 = Tebal plat besi (m)

k_3 = Konduktivitas *thermal* plat (W/m^oC)

A_3 = Luas penampang bata tahan panas (m²)

Maka: $R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 = 1,19 + 1,47 + 0,000328$

$$R_{total} = 2,67W/m^{\circ}C$$

Selanjutnya mencari Q los yaitu kalor yang terbuang karena konduksi ke dinding

$$Q = \frac{T_1 - T_4}{R_{total}}$$

$$Q = \frac{833^{\circ}C - 34^{\circ}C}{2,67}$$

$$= 299,25joule$$

Dimana:

Q : Kalor yang terbuang karena konduksi ke dinding

T₁ : Suhu awal

T₄ : Suhu akhir

Selanjutnya mencari T₂, dan T₃:

Untuk T₂:

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{R_1}$$

$$299,25 = \frac{833^{\circ}C - T_2}{1,19}$$

$$= 476,9^{\circ}C$$

Dimana:

Q : Kalor yang terbuang karena konduksi ke dinding

T₁ : Suhu awal

T₂ : Suhu akhir

Untuk T₃:

$$Q = \frac{T_2 - T_3}{R_2}$$

$$299,25 = \frac{476^{\circ}C - T_3}{1,47}$$

$$= 37^{\circ}C$$

Dimana:

Q : Kalor yang terbuang karena konduksi ke dinding

T₂ : Suhu awal

T₃ : Suhu akhir

Jadi dari perhitungan di atas diperoleh

T₁ : 833^oC Temperatur pada ruang bakar *furnace*

T₂ : 476^oC Temperatur pada bata C₁

T₃ : 37^oC Temperatur pada plat besi

T₄ : 34^oC Temperatur luar *furnace*

Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah di capai dari keseluruhan proses perancangan dalam membuat *furnace* listrik 5000W, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses analisis kerusakan terhadap komponen penyusun *furnace*, mulai dari *heater*, isolasi panas, bata tahan panas, termokopel, termokontrol
2. *Furnace* dengan daya 5000W ini mampu mencapai suhu 833^oC dalam waktu 26 menit 34 detik.
3. Jumlah kalor yang dialirkan oleh *furnace* dengan daya listrik 5000 W ini adalah 235 Joule/s.

Daftar Pustaka

- [1] Khoirudin & La Ode Mohammad Firman. (2018). Optimasi desain pada dinding *furnace* dengan temperature kerja 1000^oC. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 3:1.
- [2] Y. D. Rina, dkk. (2008). Pengaruh perlakuan panas terhadap struktur mikro logam ST 60. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 11: 97.
- [3] Prayudi, T. (2005). Dampak industri peleburan logam Fe terhadap pencemaran debu di udara. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2: 385.
- [4] Sutardi, Tata . 2009. "Perancangan Pembuatan *Drop Tube Furnace* Untuk Mengkaji Karakteristik Pembakaran Batubara". Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Depok.
- [5] Haygreen and Bowyer, 1993. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu (Suatu Pengantar)*. Diterjemahkan oleh Sutjipto A. Hadikusumo. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- [6] <https://www.tokopedia.com/eduscientia/furnace-tanur-tungku-pembakaran-2-1-lt-thermolyne-fb1410m-33>
- [7] <https://tokopedia.link/S04mcbvYLY>
- [8] Abdul Kodir. *Elemen Pemanas Jilid 1*. Scribd
- [9] Sandy Fahamsyah, S.Si. *TOP ONE Buku Pintar Fisika SMA: Jago Fisika ala Bimbel*. BintangWahyu. 2018
- [10] Rafiuddin Syam . *Dasar Dasar Teknik Sensor*
- [11] Badawi, Muhammad. 2016. "Proses Pembuatan *Furnace* Dengan Konsumsi Daya Listrik 5000W". Fakultas Teknik. Universitas Negeri Jakarta. Jakarta.

- [12] Irfa Hambali, FT UI, 2010. *Analisis pengaruh harmonisa terhadap unjuk kerja miniature circuit breaker (MCB)2A dan 4A*. Depok. hlm. 16.
- [13] Diktat Kulian Peralatan Energi Panas. 2006. *Tungku dan Refraktori*
- [14] Muhammad Rais Rahmat. *Perancangan Dan Pembuatan Tungku Heat Treatment*