

RANCANG BANGUN TUNGKU PEMANAS LISTRIK “MEKA” (Mesin UIKA) KAPASITAS 2800 WATT

Hanif Setiawan^{1*}, Gatot Eka Pramono¹, Dwi Yuliaji¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

^{1*}e-mail: hanifsetiawan752@gmail.com

ABSTRAK

Heat Treatment merupakan cara untuk merubah struktur logam dengan cara memanaskandan mendinginkan sampai kondisi tertentu. Untuk mengetahui struktur logam dibutuhkan alat yang mampu melakukan proses perlakuan panas (*heat treatment*). Penelitian ini bertujuan untuk mempermudah proses perlakuan panas dengan merancang tungku pemanas menggunakan elektrik *heater* kapasitas 2800 watt, bahan isolasi menggunakan jenis bata isolasi C2. Pengontrolan temperatur digunakan *digital temperature control* PC 410 yang dihubungkan dengan termokopel tipe K. Untuk mengetahui spesifikasi pada tungku pemanas dilakukan pengujian menggunakan *power analyzer* serta analisa perhitungan efisiensi termal pada tungku pemanas. Hasil pengujian konsumsi listrik saat temperatur 850 °C dengan waktu pengoprasian alat 37 menit 16 detik sebesar 1,377 kwh dengan daya 2800 wat. Nilai efisiensi termal sebesar 76%. Temperatur maksimal pengujian tungku sudah memenuhi standar proses pengujian perlakuan panas (*heat treatment*).

Kata kunci : Perlakuan Panas; Temperatur ; Tungku Pemanas .

ABSTRACT

Heat Treatment is a way to change the metal structure by heating and cooling it to certain conditions. To find out the metal structure, a device capable of heat treatment is needed. This study aims to simplify the heat treatment process by designing a heating furnace using an electric heater with a capacity of 2800 watts, and the insulation material uses the C2 type of insulating brick. Temperature control used digital temperature control PC 410 and type K thermocouple. To find out the specifications on the heating furnace, tests were carried out using a power analyzer and analysis of the calculation of thermal efficiency on the heating furnace. The test results of electricity consumption when the temperature is 850 °C with the tool operating time of 37 minutes 16 seconds is 1.377 kwh with a power of 2800 watts. The thermal efficiency value is 76%. The maximum temperature of the furnace testing has met the heat treatment testing process.

Keywords : Heat Treatment ; Temperature ; Furnace.

1. PENDAHULUAN

Tungku pemanas biasa disebut oven atau kiln adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk merubah sifat atau karakteristik pada material dengan cara dipanaskan pada temperatur tertentu dan di dinginkan pada media tertentu. Saat ini perlakuan panas logam menjadi kebutuhan dari kehidupan manusia, hampir semua yang kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari dari produk logam seperti kemasan makanan dan minuman yang melalui proses perlakuan panas. Bahkan produk alami, seperti kayu membutuhkan proses pengeringan agar sesuai dengan karakteristik yang dibutuhkan.[1]

Perkembangan industri peleburan dan pengecoran logam di Indonesia saat ini masih rendah. Padahal Indonesia berpotensi menjadi salah satu negara yang memegang nilai pasar terbesar dunia. Industri pengecoran logam berskala kecil masih terkendala perkembangannya, salah satu penyebabnya yaitu alat peleburan logam yang tersedia di pasaran masih sangat mahal harganya karena harus diimpor dari luar negeri.[2]. Saat ini banyak berkembang jenis-jenis dapur pemanas dengan berbagai bahan bakar yang digunakan diantaranya batu bara, bahan bakar minyak, bahan bakar gas, bahkan menggunakan energi listrik. Beberapa penelitian tentang rancang bangun tungku telah dilakukan diantaranya (Agung Cahya Raharjo 2017) membuat tungku pemanas dengan menggunakan bahan bakar gas (LPG). (Sulistiyawan, Anas, Priyono) membuat tungku pemanas dengan sumber pemanas menggunakan silikon karbida (SiC).

Untuk mempermudah mahasiswa khususnya mahasiswa teknik mesin FTS UIKA Bogor dalam melakukan praktek pengecoran logam, maka disini penulis akan merancang dan membuat alat *heattreatment* menggunakan elemen *heater* yang di aliri aliran listrik sebagai sumber panas. Digunakan elemen *heater spiral* berdiameter 1mm dengan resistansi 1,81/m. Terdapat beberapa lapisan pada ruang tungku diantaranya bata tahan api (Insulating Fire Brick), semen perekat (insulating Fire mortar), dan material plat bagian lapisan luar.

PID *Temperature controller* PC410 digunakan pada alat *heattreatment* untuk mempermudah penggunaan sehingga dapat diatur waktu dan temperatur yang diinginkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tungku pemanas adalah alat yang berfungsi untuk memindahkan panas yang dihasilkan dari proses pemanasan yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar atau dari panas yang dihasilkan oleh energi listrik dalam suatu ruangan agar mencapai suhu yang diinginkan.

Struktur furnace berupa bangunan ber dinding plat baja yang bagian dalamnya dilapisi oleh material tahan api, bata isolasi untuk menahan kehilangan panas ke udara melalui dinding furnace dan refraktori.[1]

2.1 Prinsip Kerja Tungku Pemanas Listrik

Prinsip kerja tungku pemanas pada dasarnya sama dengan *oven* dengan sumber panas dari bahan bakar cair, yang membedakan tungku pemanas listrik yaitu menggunakan listrik sebagai sumber panas, dengan cara merubah energi listrik menjadi energi panas melalui coil heater yang di letakan pada dinding *furnace*. *Coil heater* disesuaikan dengan kebutuhan panas yang telah ditentukan.

2.2 Komponen Utama

Muffle furnace memiliki komponen utama yaitu sebagai berikut:

- Kawat elemen pemanas
- Refraktori
- Termokopel
- Digital Temperatur Kontrol

:

2.2.1 Kawat Elemen Pemanas

Elemen Pemanas adalah piranti yang merubah energi listrik menjadi energi panas dengan proses *Joule Heating*. Prinsip kerja elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen.

Tabel 1. Spesifikasi Kawat Niklin

Diameter (mm)	Resistansi per meter (Ω)
0.8	3.08
1.0	1.86
1.5	1.15
2.0	0.85
3.0	0.65

2.2.2 Refraktori

Refraktori atau bata isolasi adalah bahan yang mampu menahan panas dan berbagai tekanan mekanik. Tahan terhadap korosi atau erosi padatan di suhu yang tinggi. Refraktori di produksi dalam berbagai macam spesifikasi sehingga sifat sifat refraktori sesuai dengan kebutuhan pengaplikasiannya. Sebagian besar refraktori (70%) digunakan dalam industri logam dalam pembuatan baja.[3]

Tabel 2. Klasifikasi Bata Isolasi (Sumber SNI-15-1571-2004 BSNi, 2004)

Kelas	SK	Density (g/cm ³)	Konduktivitas	Kuat tekan min. (Mpa)	Susut kemudian 2% (°C) max.
			termal pada 350°C ±10°C (Kcal/mj°C)		
A-1	16	0,54	0,13	0,49	845
A-2	16	0,54	0,14	0,49	900
A-3	16	0,54	0,15	0,49	1000
A-4	20	0,63	0,16	0,784	1065
A-5	20	0,64	0,16	0,784	1065
A-6	20	0,7	0,17	0,9	1100
A-7	20	0,75	0,17	0,95	1200
B-1	23	0,77	0,17	2,45	1230
B-2	23	0,77	0,18	2,45	1230
B-3	23	0,77	0,2	2,45	1230
B-4	25	0,78	0,22	2,45	1400
B-5	25	0,8	0,22	2,45	1400
B-6	26	0,84	0,22	2,45	1400
B-7	26	0,86	0,22	2,45	1400
C-1	30	1,09	0,3	4,9	1540
C-2	32	1,26	0,38	6,8	1540
C-3	32	1,28	0,48	10	1540

2.2.3 Termokopel

Termokopel yaitu sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor yang berbeda dengan cara digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek “*Thermo-electric*”.

2.2.3 Digital Temperature Control

Digital Temperature Controller ini yaitu alat yang bisa mengontrol suhu untuk mengendalikan cooler / heater sesuai dengan settingan yang diinginkan. Sama seperti prinsip kerja Digital Counter relay, Digital Thermostat

ini mempunyai kontak-kontak NO NC pada output settingnya, serta membutuhkan input power supply dalam kerjanya.

2.3 Macam- Macam Perpindahan Panas

Dalam cabang ilmu teknik (Engineering) yang biasanya dinamakan ilmu termal (thermal science), tercakup ilmu termodinamika (thermodynamics) dan perpindahan kalor (heat transfer). Perpindahan kalor mempunyai peranan sebagai pelengkap analisa termodinamika yang hanya mempelajari sistem-sistem dalam keseimbangan saja, yaitu dengan menyumbangkan hukum-hukum tambahan yang membuka jalan untuk meramalkan laju perpindahan energi. Hukum-hukum pelengkap ini didasarkan atas tiga ragam perpindahan kalor yang fundamental, yaitu konduksi atau hantaran (conduction), konveksi atau ilian (convection), dan radiasi atau sinaran (radiation).[5]

2.4 Perpindahan Panas Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan panas dari suatu media yang bertemperatur lebih tinggi ke media yang bertemperatur lebih rendah di dalam suatu media (padat , cair dan gas), atau antara media-media yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Gradien suhu (temperature gradient) yang terdapat dalam suatu bahan homogen akan menyebabkan terjadinya perpindahan energi di dalam medium itu yang lajunya dapat dihitung dengan. [6]

2.5 Konduksi Panas Lebih Dari Satu Dimensi (Multi Layers)

Pada bagian sebelumnya kita menganggap terbuang mengalir melalui satu dimensi. Namun, masalah yang dihadapi di sebagian besar aplikasi teknik melibatkan aliran panas melalui media yang terdiri dari beberapa lapisan. Misalnya , dinding suatu bangunan yang terdiri dari beberapa lapis, furnace yang memiliki beberapa lapisan isolasi.[6]

3. METODE PENELITIAN

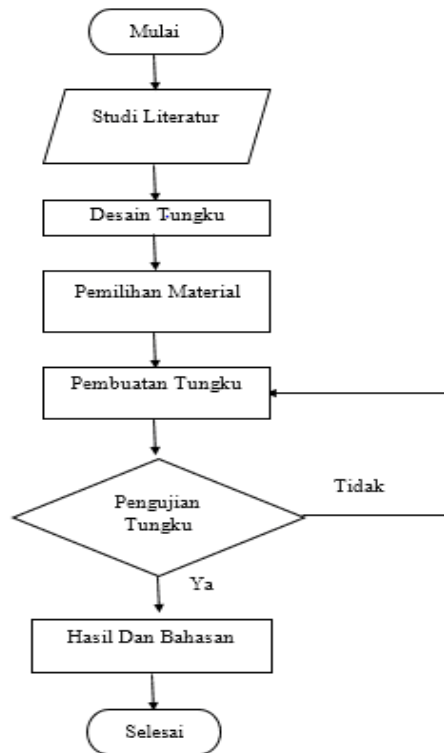
Bahan-bahan utama yang digunakan dalam pembuatan tungku pemanas adalah: Kawat elemen

pemanas, bata isolasi, digital temperatur, dan termokopel.

mengurangi tingkat kessalahan dalam proses pembuatan.

3.1 Tahapan Penelitian

Sebelum memulai langkah langkah dalam penelitian, maka diperlukan tahapan penelitian yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

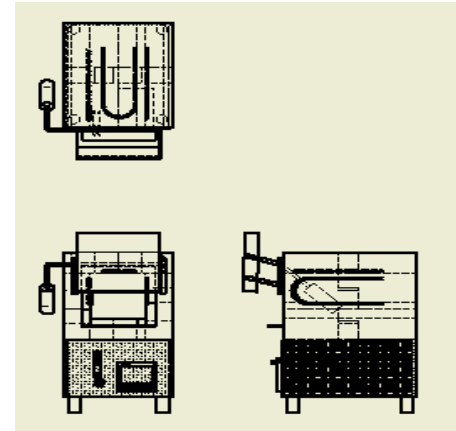
3.2 Proses Produksi

Proses produksi yang bertujuan mengolah bahan mentah menjadi suatu barang jadi. Adapun tahapan proses produksi adalah :

- Membuat desain alat.
- Perencanaan Material yang akan digunakan.
- Pembuatan Komponen hingga siap di rakit.
- Perakitan komponen.

3.2.1 Disain Alat

Agar lebih mudah dalam proses pembuatan maka dibutuhkan desain alat yang bertujuan



Gambar 2. Disain Tungku Pemanas

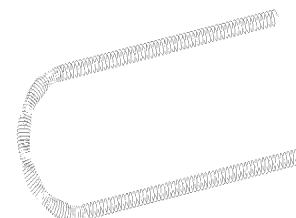
3.2.2 Pemilihan Bahan Material

Pemilihan material yang sesuai sangat penting dalam melakukan perancangan sebuah alat. Dengan pemilihan material yang tepat dapat meningkatkan kualitas alat dari segi usia pakai alat.

3.2.3 Pembuatan Komponen

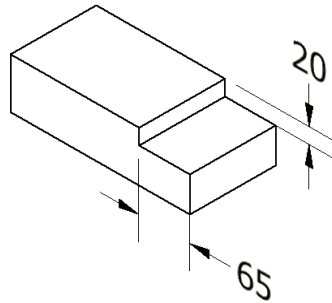
Pembuatan komponen dari bahan mentah sampai siap di rakit menjadi satu barang jadi. Pembuatan komponen tungku pemanas diantaranya sebagai berikut:

- Pembuatan bentuk komponen elemen pemanas menggunakan kawat nikel diameter kawat 1mm dan panjang total 9 m dengan resistansi kawat 1,81 ohm / m di bagi menjadi tiga bagian dengan resistansi total kawat pemanas sebesar 16,29 ohm.



Gambar 3. Elemen Heater

- Pembuatan bentuk bata isolasi di kiris pada bagian bawah agar saat penyusunan membentuk seperti pazel yang saling mengikat.



Gambar 4. Komponen Bata Isolasi

3.2.4 Perakitan Komponen

Tahapan akhir dalam perancangan yaitu perakitan semua komponen hingga menjadi barang jadi. Dalam proses perakitan sangat dibutuhkan ketelitian agar disaat perakitan tidak ada yang terlewat.

3.3 Cara Pengujian

Pengujian kecepatan kenaikan temperatur terhadap waktu di lihat pada layar lcd digital temperatur control per 60 detik sampai temperatur 850 °C. Waktu diatur menggunakan stopwatch.



Gambar 5. Thermal Imaging Camera

Pengambilan data temperatur dinding luar tungku digunakan *thermal imaging camera* yang langsung diarahkan ke dinding bagian luar tungku. pengambilan data setiap 60 detik

disamakan dengan pengambilan data temperatur dalam agar dapat diketahui perbandingan temperatur dalam dan luar tungku. Pengujian menggunakan *power analyzer* dilakukan untuk mengetahui kinerja dari tungku pemanas listrik. *Power analyzer* adalah suatu peralatan ukur yang digunakan untuk mengetahui kualitas daya dari tenaga listrik.



Gambar 6. Power Analyzer

Dari pengujian dengan *power analyzer* dapat diketahui daya yang dikeluarkan tungku pemanas untuk mencapai temperatur 850 °C



Gambar 7. Current Probe

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengambilan data kali ini agar mengetahui kecepatan kenaikan temperatur terhadap waktu serta menganalisa perhitungan kalor yang terbuang berdasarkan data yang telah di dapat.

4.1 Hasil alat tungku pemanas

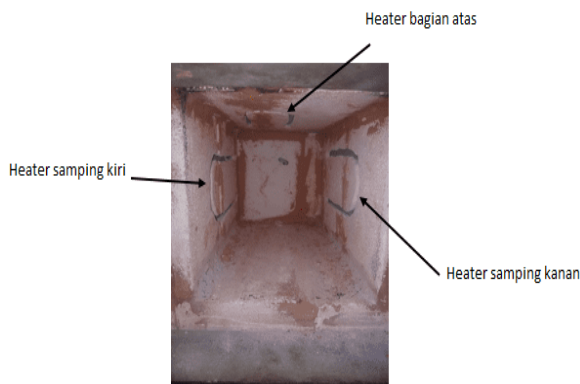
Hasil dari tungku pemanas bisa dilihat pada gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 8. Tungku Pemanas

4.1.1 Struktur Dinding Tungku Pemanas

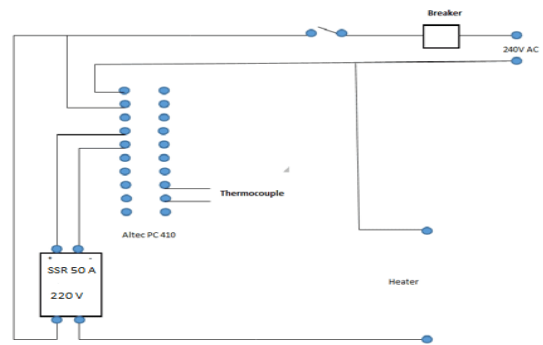
Struktur dinding pada tungku pemanas ini digunakan beberapa lapisan yang bersentuhan langsung dengan permukaan dalam tungku bertemperatur tinggi. Lapisan dalam menggunakan bata isolasi C2 terbuat dari keramik dengan komposisi kimia AL₂O₃ 40% dan SiO₂ 55%. Konduktifitas termal bahan yaitu 0,44 Watt/m. Digunakan bata isolasi C2 karena dapat menahan panas sampai temperatur 1300 °C. Lapisan dinding luar menggunakan plat baja krom yang memiliki konduktifitas termal bahan sebesar 16,3 Watt/m. Berikut adalah gambar ruang pemanas pada tungku.



Gambar 9. Ruang Pemanas Tungku

4.2 Rangkaian Kelistrikan

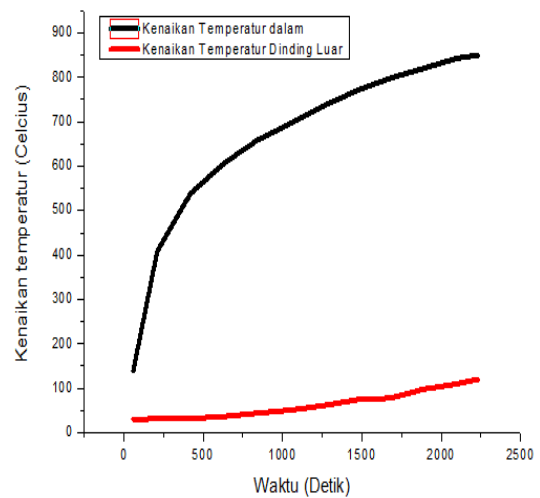
Berikut adalah gambar skema rangkaian kelistrikan yang digunakan pada tungku pemanas ini.



Gambar 10. Rangkaian Kelistrikan

4.3 Pengujian Kecepatan Kenaikan Temperatur

Berdasarkan hasil pengukuran kecepatan kenaikan temperatur diatas diperlukan waktu 2230 detik atau sekitar 37 menit untuk mencapai temperatur 850 °C pada ruang tungku dan pada dinding permukaan luar tungku mencapai temperatur 120 °C. Berikut adalah grafik kecepatan kenaikan temperatur ruang tungku dan dinding permukaan luar tungku

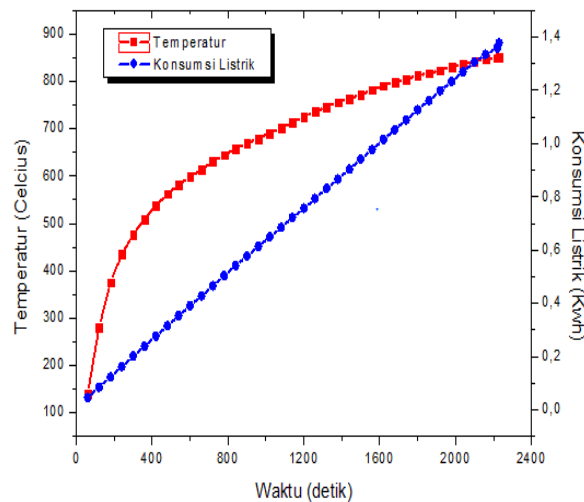


Gambar 10. Grafik Kenaikan Temperatur Terhadap Waktu

Dari grafik diatas dapat dilihat kecepatan kenaikan temperatur lebih cepat saat diawal itu disebabkan temperatur yang melintasi dinding masih rendah dan panas yang terbuang masih sedikit. Banyaknya panas yang terbuang dipengaruhi oleh temperatur melintasi dinding yang semakin tinggi, itu menyebabkan kenaikan temperatur semakin melambat.

4.4 Pengujian Konsumsi Listrik

Dari hasil pengukuran menggunakan power analyzer di dapat nilai konsumsi listrik tungku pemanas dari temperatur awal hingga mencapai temperatur 850 °C. Konsumsi listrik semakin meningkat seiring dengan temperatur yang semakin meningkat. Pada temperatur 850 °C dan tungku sudah bekerja selama 37 menit konsumsi listrik mencapai 1,377 kwh



Gambar 11. Grafik Konsumsi Listrik

Energi listrik merupakan daya listrik yang terpakai selama waktu tertentu. Besarnya energi listrik yang digunakan untuk suatu peralatan listrik sebanding dengan tegangan listrik, kuat arus listrik, dan waktu. sehingga, untuk dapat mengurangi pemborosan, salah satunya mematikan peralatan listrik jika tidak diperlukan atau digunakan. Grafik diatas menjelaskan bahwa semakin lama tungku beroperasi maka konsumsi listrik yang dibutuhkan akan semakin tinggi. Pada temperatur 850 dan waktu mencapai 37 menit maka konsumsi listrik mencapai 1,377 Kwh.

4.5 Perhitungan Kalor Yang Terbuang Melalui Dinding

Dari hasil pengukuran temperatur dalam dan temperatur luar dinding tungku maka dapat diketahui temperatur yang melintasi dinding tungku dan kalor yang terbuang melalui persamaan untuk mencari nilai kalor yang terbuang.

$$q = \frac{T_1 - T_3}{Rt} = \frac{T_1 - T_0}{\frac{L_1}{A \cdot k_1} + \frac{L_2}{A \cdot k_2} + \frac{1}{A \cdot h}}$$

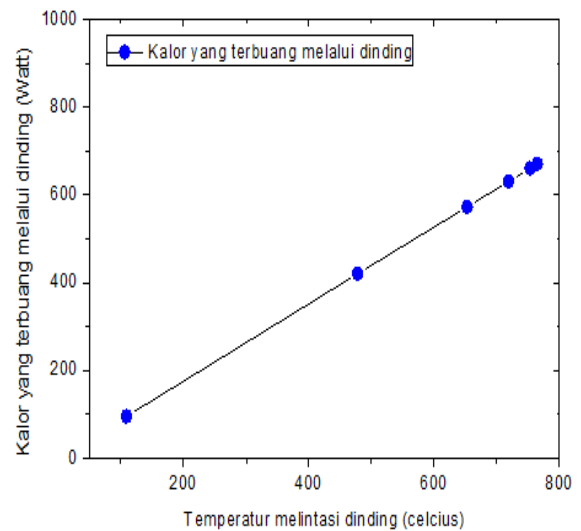
Saat temperatur tungku berada pada 850 °C dan sekitar dinding luar tungku 85 °C maka temperatur yang melintasi dinding tungku 765 °C.

$$q = \frac{T_1 - T_0}{\frac{l_1}{k_1 \cdot A} + \frac{l_2}{k_2 \cdot A} + \frac{1}{h \cdot A}}$$

$$= \frac{765}{1,141}$$

$$= 670,5 \text{ watt}$$

Dari cara perhitungan diatas didapat nilai kalor yang terbuang pada saat temperatur yang melintasi dinding dari yang terendah sampai yang tertinggi. Berikut adalah grafik nilai kalor yang terbuang.



Gambar 12. Grafik Kalor Yang Terbuang Melalui Dinding

Perpindahan panas yaitu berpindahnya energi kalor atau panas karena adanya perbedaan temperatur. Dimana, energi kalor akan berpindah dari temperatur media yang lebih tinggi ke temperatur media yang lebih rendah. Proses perpindahan panas akan berlangsung sampai ada kesetimbangan temperatur yang terjadi pada kedua media tersebut. Grafik diatas menjelaskan bahwa semakin lama waktu maka semakin besar

kalor yang terbuang melalui dinding, itu disebabkan karena beda temperatur yang semakin tinggi maka kalor yang terbuang akan semakin banyak.

4.6 Efisiensi Termal

$$\eta = \frac{2129,5}{2800} \times 100 = 76\%$$

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dari rancang bangun tungku pemanas maka dapat diambil kesimpulan, antara lain :

1. Didapat tungku pemanas menggunakan tebal bata isolasi 0,065 m dan tebal plat dinding luar sebesar 0,0015 m dengan volume ruang pemanas sebesar 0,00455 m^3 . Posisi heater berada pada bagian samping kanan, kiri dan atas dengan diameter lilitan kawat 1 cm serta panjang total kawat pemanas 9 m. Dari data pengujian menggunakan *power analyzer* didapatkan daya sebesar 2800 Watt dengan arus sebesar 12,72 A. Pada saat temperatur 850 °C dan waktu pengoprasian tungku 37 menit 16 detik konsumsi listrik sebesar 1,377 kwh.
2. Nilai efisiensi termal sebesar 76%, Kerapatan dan ketebalan dinding isolasi sangat berpengaruh terhadap rugi panas yang terjadi pada tungku pemanas. Dari temperatur yang dihasilkan oleh tungku pemanas sudah memenuhi pengujian perlakuan panas (*heat treatment*).

5.2 Saran

Dalam proses rancang bangun tungku pemanas listrik ini masih terdapat banyak kekurangan yang dapat di sempurnakan oleh perancang selanjutnya

1. Untuk meningkatkan efisiensi termal dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya menambah ketebalan bata yang

digunakan, menambah lapisan dinding bata dengan *glasswool* tahan api.

2. Perlu adanya validasi dengan tungku yang sudah terverifikasi untuk mengetahui keakuratan temperatur tungku.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mullinger and Jenkins. (2008). *Industrial And Process Furnaces*.
- [2] Agung Cahyo Raharjo. (2017). Rancang Bangun Dapur Pemanas (MUFLLE FURNACE) Menggunakan Bahan Bakar Gas (LPG). *Repository Universitas Jember*, 1- 82.
- [3] Charles A. Schacht. (2004). *Refractories Handbook*. Pittsburgh, Pennsylvania, U.S. A: Taylor & Francis Group, LLC.
- [4] Tryck, d. e. (1999). *Electric Heating Elemen Handbook*. swedia: PRIMATryck. Hallstahammar.
- [5] Donald R. Pitts. (1977). *Heat Transfer*. Terjemahan Bahasa Indonesia pada penerbit Erlangga.
- [6] Yildiz Bayazitoglu and M. Necati Ozisik. (1988). *Elements of Heat Transfer*. McGraw-Hill International Editions.