Jurnal Ilmiah jurutera
Journal of Applied Engineering
ISSN 2356-5438

INNOVATIVE METAL HEATING FURNACE FOR LPG GAS FIRED HEAT TREATMENT PROCESS

Febri Andriansah [1], Zainal Arif [2*], Suheri [3]

[1,2,3)] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Samudra, Langsa 24416, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:
Dikirim 12 Juni 2025
Direvisi dari 17 Juni 2025
Diterima 27 Juni 2025
Dipublikasi 20 Juli 2025

***Keywoard's*:**
Heating furnace,
LPG,
Thermal efficiency,
Heat treatment,
Insulation

DOI:
doi.org/10.55377/jurutera.v12i02.12086

A B S T R A K

Tungku pemanas logam berbahan bakar gas LPG ini dirancang untuk mendukung proses perlakuan panas dan peleburan logam dalam industri skala kecil hingga menengah. Dengan dimensi 50 × 90 × 67 cm, tungku ini dilengkapi burner dan blower Sumura berkecepatan 3600 RPM untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dan distribusi panas yang merata. Struktur dinding terdiri dari bata tahan api SK32, Selimut tahan api, kalsiboard, dan pelat besi sebagai pelindung luar. Sistem insulasi berlapis ini bertujuan menahan panas di ruang bakar agar tidak merambat keluar secara berlebihan. Pengujian menunjukkan bahwa suhu ruang bakar (T6) mencapai 1023°C dalam 60 menit. Suhu berkurang secara bertahap dari lapisan dalam ke luar: T5 (bata SK32) 832°C, T4 (bata luar) 69°C, T3 (fiber blanket) 49°C, T2 (klasiboard) 45°C, dan T1 (pelat besi) 43°C. Perpindahan panas total secara konduksi tercatat sebesar 20,671 kW. Hasil ini menunjukkan bahwa desain isolasi berlapis efektif dalam menjaga efisiensi termal dan meningkatkan keselamatan pengguna. Desain tungku ini sangat potensial untuk diterapkan dalam aktivitas perlakuan panas logam oleh pelaku industri kecil karena hemat energi, mudah dikontrol, dan ekonomis. Penelitian ini juga membuka peluang pengembangan lebih lanjut seperti integrasi sistem kontrol otomatis dan optimalisasi bentuk ruang bakar.

A B S T R A C T

This LPG gas-fuelled metal heating furnace is designed to support heat treatment and metal smelting processes in small to medium scale industries. With dimensions of 50 × 90 × 67 cm, this furnace is equipped with a 3600 RPM Sumura burner and blower to improve combustion efficiency and even heat distribution. The wall structure consists of SK32 firebrick, fireproof blanket, caliboard, and iron plate as outer protection. This layered insulation system aims to contain the heat in the combustion chamber so that it does not propagate out excessively. Tests showed that the combustion chamber temperature (T6) reached 1023°C in 60 minutes. The temperature decreases gradually from the inner to the outer layers: T5 (SK32 brick) 832°C, T4 (outer brick) 69°C, T3 (fibre blanket) 49°C, T2 (clasiboard) 45°C, and T1 (iron plate) 43°C. The total heat transfer by conduction was recorded at 20.671 kW. These results show that the layered insulation design is effective in maintaining thermal efficiency and improving user safety. This furnace design is very potential to be applied in metal heat treatment activities by small industry players because it is energy efficient, easy to control, and economical. This research also opens up further development opportunities such as the integration of an automatic control system and optimisation of the shape of the combustion chamber.

© 2025 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

E-mail Coresponden : zainalarif@unsam.ac.id
© 2025 ISSN. 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra

1. Pendahuluan

Zaman modern ini ilmu pengetahuan teknologi (IPTEK) mengalami kemajuan yang pesat, manusia adalah penentu dalam mencapainya keinginan agar suatu proses dapat dikerjakan dengan mudah.Terutama penerapan teknologi pada sebuah logam.(1) Logam merupakan salah satu material ulet, kuat, dan logam juga umumnya tidak dapat ditembus oleh cahaya. Dalam penererapannya, sebuah elemen logam yang digunakan pada manusia dapat digunakan secara langsung dan juga dapat ditingkatkan kekerasanya sesuai dengan kebutuhannya. Dalam kebutuan produksi logam jenis baja merupakan sala satu material yang digunakan dalam kehidupan manusia seperti: alat industri, alat perkakas, kendaraan, dan bangunan gedung.(2)

Baja juga memiliki unsur kimia seperti halnya baja karbon, Ada tiga jenis baja karbon: karbon rendah, sedang, dan tinggi. Kekerasan dan ketangguhan baja karbon, serta sifat material dan perlakuan panas, ditentukan oleh sifat-sifat ini. Karakteristik kimia dan struktur mikro juga dianggap sebagai sifat material. Tidak selalu dua bahan dengan sifat kimia yang sama juga mempunyai struktur mikro yang sama.(3)

Pada logam baja dapat diatur tingkat kekerasan dengan melakukan proses perlakukan panas. Baja dapat dilakukan pemanasan dengan proses annealing, hardening, tempering dan quenching yang nantinya melakukan penahanan pemanasan di didalam tungku pemanas selama waktu yang telah ditentukan, dan jka ingin meningkatkan kemampu kerasan pada baja perlu di *quenching* dengan pendingin media tertentu.(4)

Baja merupakan material penting dalam berbagai aplikasi teknik karena sifatnya yang ulet, kuat, dan tahan terhadap suhu tinggi. Perlakuan panas (heat treatment) diperlukan untuk meningkatkan sifat mekanik logam seperti kekerasan dan ketangguhan. Salah satu metode perlakuan panas yang banyak digunakan adalah melalui pemanasan menggunakan tungku.(5)

Tungku pemanas merupakan alat yang dibutuhkan oleh seorang pandai besi yang bertujuan meningkatkan temperatur pada sebuah material mencapai titik temperatur yang diinginkan dan merupakan salah satu alat utama dalam proses perlakuan panas (*heat treatment)* pada logam.(6) Usaha pandai besi skala rumah tangga umumnya meggunakan tungku pemanas berbahan bakar arang dan melihat logam yang dipanaskan berdasarkan warnamya tanpa mengetahui temparatur pada proses pemanasan tersebut. banguan yang dibuat menggunakan komponen yang meiliki katahan kurang baik terhadap suhu tinggi.(7) Lapisan pada dinding tungku pemanas dapat mempengaruhi kestabilan temperatur pada ruang pemanas. Pada bagian dinding beragam jenis material yang di gunakan untuk mempertahankan temperatur ruang pembakaran dan meredam panas di bagian luar.(8-9)

Industri skala kecil dan menengah, penggunaan tungku berbahan bakar LPG menawarkan efisiensi pembakaran yang lebih baik, kontrol suhu yang presisi, dan pengurangan emisi dibandingkan bahan bakar padat seperti arang. Namun, banyak tungku konvensional belum mengoptimalkan sistem insulasi termal, sehingga terjadi kehilangan panas yang besar dan risiko keselamatan yang lebih tinggi.(10)

Penelitian terdahulu Penelitian mengenai tungku pemanas telah banyak dilakukan, salah satunya oleh S. wahyuni (2013) yang merancang dan menguji tungku tempa portabel berbahan bakar LPG dengan fokus pada peningkatan efisiensi pembakaran dan suhu operasi. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa penggunaan LPG dan desain burner yang optimal mampu meningkatkan suhu ruang bakar hingga lebih dari 750°C.(11)

Dalam penelitian ini penulis bertujuan merancang dan menguji sebuah tungku pemanas logam dengan sistem pembakaran LPG dan isolasi dinding berlapis untuk meningkatkan efisiensi termal dan keamanan operasional. Keunggulan desain ini dibandingkan penelitian sebelumnya adalah dimensi tungku yang lebih besar, suplai udara paksa menggunakan blower, dan penggunaan material insulasi berlapis.

2. Metodologi

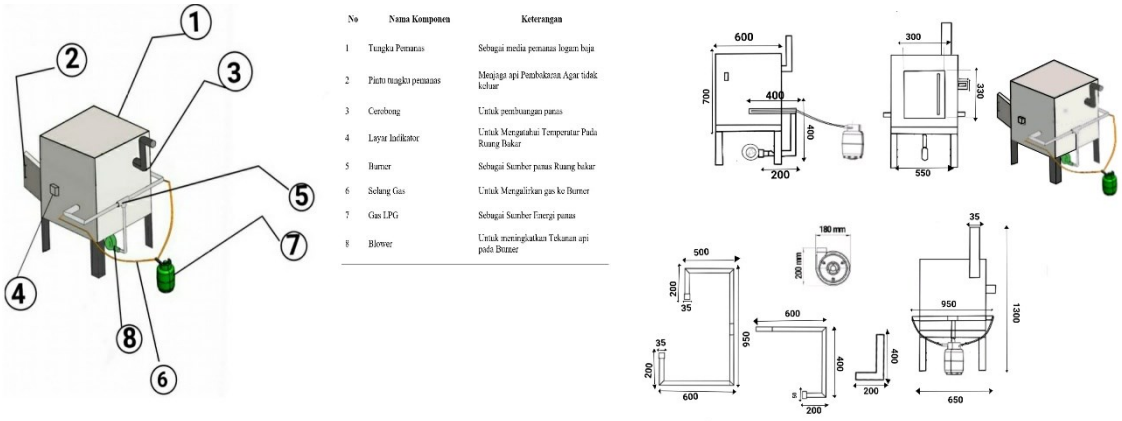
2.1. Desain dan Spesifikasi Tungku

Tungku dirancang berdimensi 500 mm (panjang), 900 mm (tinggi), dan 670 mm (lebar) dengan ruang bakar 240 × 300 × 350 mm. Sistem dinding terdiri atas: Lapisan dalam: bata tahan api SK32, Isolasi: selimut tahan panas dan kalsiboard, dan Pelindung luar: pelat besi 1,5 mm. Sistem pembakaran menggunakan burner LPG dan blower 3600 rpm untuk suplai udara. Komponen dikonstruksi menggunakan pipa besi berdiameter 25,4 mm dengan dua output burner (panjang 400mm dan 300mm).

2.2. Perencanaan dan perancangan

Tahap perencanaan dan perancangan dilakukan sebagai dasar dalam membangun tungku pemanas logam yang efisien dan sesuai dengan kebutuhan pengguna, khususnya industri kecil dan menengah. Proses ini mencakup penentuan spesifikasi teknis, pemilihan material, desain bentuk dan dimensi tungku, serta sistem pembakaran yang akan digunakan.

a. Penentuan spesifikasi merupakan langkah awal yang sangat penting dalam proses rancang bangun tungku pemanas. Tujuannya adalah untuk merumuskan parameter teknis dan operasional yang akan menjadi dasar dalam proses desain serta pemilihan komponen dan material. Spesifikasi ini ditentukan berdasarkan kebutuhan proses industri skala kecil hingga menengah, efisiensi energi, keamanan operasional, serta keterjangkauan biaya produksi.
b. Dipilih LPG (Liquefied Petroleum Gas) karena ketersediaannya yang luas, harga relatif terjangkau, pembakaran yang bersih, serta kemudahan dalam pengendalian suhu. LPG juga memiliki nilai kalor tinggi, yang mendukung proses pemanasan logam dengan cepat dan efisien.
c. Keselamatan dan kemudahan operasi.Sistem dikembangkan dengan memperhatikan aspek keselamatan penggunaan, seperti pemasangan katup pengaman dan regulator tekanan. Selain itu, pengoperasian dirancang agar mudah dilakukan oleh pengguna tanpa latar belakang teknis, sehingga dapat diterapkan secara luas di kalangan industri kecil.
d. Struktur Berlapis (*Wall Assembly*).Dinding tungku dirancang dengan sistem tiga lapisan, Lapisan dalam (refraktori): Menggunakan *firebrick* atau *castable refractory cement* yang tahan suhu tinggi (>1200°C), berfungsi memantulkan panas ke dalam ruang bakar dan melindungi lapisan lain dari kontak langsung dengan nyala api. Lapisan tengah (isolasi termal): Menggunakan rockwool atau ceramic fiber blanket dengan konduktivitas termal rendah (<0.1 W/m·K), bertugas mengurangi kehilangan panas ke lingkungan.lapisan selanjutnya menghubungkan klasiboard sebagai tahan termal tambahan dan Lapisan luar (pelindung). Pelat besi 1,5 mm sebagai pelindung mekanik dan struktur utama rangka tungku.



Gambar 1. Desain dan proyeksi tungku pemanas logam

e. Sistem Pembakaran dan Aliran Udara. Tungku ini dirancang menggunakan burner berbahan bakar LPG yang dilengkapi dengan blower sebagai sistem suplai udara pembakaran. Penggunaan blower memungkinkan kontrol yang lebih presisi terhadap jumlah udara yang masuk ke ruang bakar, sehingga pembakaran dapat berlangsung lebih sempurna, stabil, dan efisien dibanding sistem udara alami.

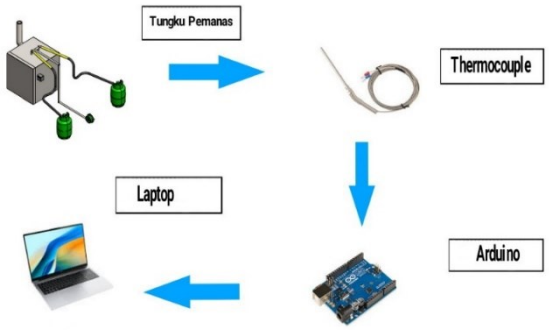
f. Gambar Teknik. teknis tungku dituangkan dalam bentuk gambar kerja dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D) menggunakan perangkat lunak CAD seperti AutoCAD atau SolidWorks. Gambar ini menjadi acuan utama dalam proses fabrikasi dan memvisualisasikan susunan komponen secara rinci. Dapat dilihat pada **Gambar 1.**

2.3. Spesifikasi material

Struktur dinding tungku dirancang berlapis untuk mengoptimalkan efisiensi panas dan ketahanan terhadap suhu tinggi. Lapisan terdalam menggunakan material refraktori seperti firebrick atau semen tahan api, yang berfungsi sebagai penahan langsung nyala api dan pemantul panas ke dalam ruang bakar. Di bagian tengah, diterapkan lapisan isolasi termal seperti rockwool atau ceramic fiber blanket, yang berperan menghambat perpindahan panas ke lingkungan luar serta melindungi lapisan pelat logam dari ekspansi termal berlebihan. Kombinasi ini menghasilkan sistem dinding yang mampu mempertahankan suhu internal tinggi secara stabil, sekaligus menjaga suhu permukaan luar tungku tetap aman untuk lingkungan kerja.

2.4. Prosedur Pengukuran Suhu Pada Dinding Tungku

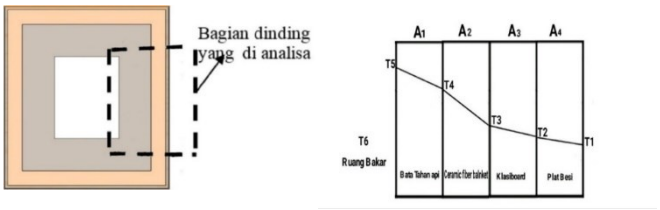
Untuk menghasilkan temperatur suhu optimal pada dinding tungku, perhitungan di lakukan menggunakan thermocouple yang dihubungkan dengan arduino yaitu: Rangkai alat di lengkapi dengan thermocouple; Pasang thermocouple pada setiap lapisan dinding tungku yang telah di tentukan; kemudian tungku di panaskan dengan menggunakan gas LPG mencapai suhu yang di tetapkan; sambungkan thermocouple pada arduino untuk membaca temperatur pada titik yang sudah di tentukan; pengolahan data.



Gambar 2. Prosedur pengujian tungku pemanas logam

2.5. Posisi Pengukuran Temperatur

Thermocouple T-type dipasang di enam titik, yaitu pada sisi dalam ruang bakar (T6), pada lapisan bata tahan api bagian dua sisi (T5 dan T4), lapisan selimut tahan panas (T3), lapisan kalsiboard (T2), lapisan terluar/baja (T1) pada setiap lapisan tungku. Data dikumpulkan menggunakan Arduino dan dianalisis dalam interval waktu 5 menit selama 60 menit. Adapun titik/posisi pengukuran dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3. Analisa laju perpindahan panas yang terjadi pada setiap dinding tungku maka bagian dinding yang akan dianalisa hanya dilakukan sebelah dinding saja, dalam dua dimensi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Lapisan dindimg tungku pemanas logam

2.6. Perhitungan secara konduksi

Perpindahan panas secara konduksi merupakan Kalor berpindah dari suhu rendah dalam suatu medium (padat, cair, atau gas) atau antara berbagai media yang bersentuhan langsung satu sama lain melalui proses konduksi, yang mengakibatkan terjadinya pertukaran energi.
Rumus untuk menghitung laju perpindahan panas:

$$q = K.A.\frac{\Delta t}{\Delta_X} \quad \text{.....(9)}$$

Keterangan:
q = laju perpindahan panas kalor (Watt)
k = kondiktivitas termal bahan (W/m2℃)
A = luas permukaan dimana panas mengalir (m2)
ΔT = beda suhu (℃)
ΔX = tebal benda (m)

3. Hasil dan Pembahasan

Tungku pemanas yang telah dirancang Selama proses produksi, spesifikasi tungku pemanas logam baja berikut telah berhasil dibuat sebagai berikut.:Luas keseluruhan dengan panjang 500mm, tinggi 900mm, dan lebar 670mm. Pada luas ruang bakar dengan panjag 240mm, tinggi 300mm dan lebar 350mm. Untuk lapisan yang di gunakan adalah batu bata tahan api SK32, semen api mortar SK32, *ceramic fiber blanket*, klasiboard dan plat besi eser. Pada pembakaran nozel di buat menggunakan besi pipa berdiameter 25,4mm dan terdapat 2 output dengan panjang di bagian kanan 400mm dan kiri 300mm, panjang keseluruhan pipa 1850mm dan lubang output *double burner* 38,1mm. Tinggi cerobong 400mm berdiameter 38,1mm.

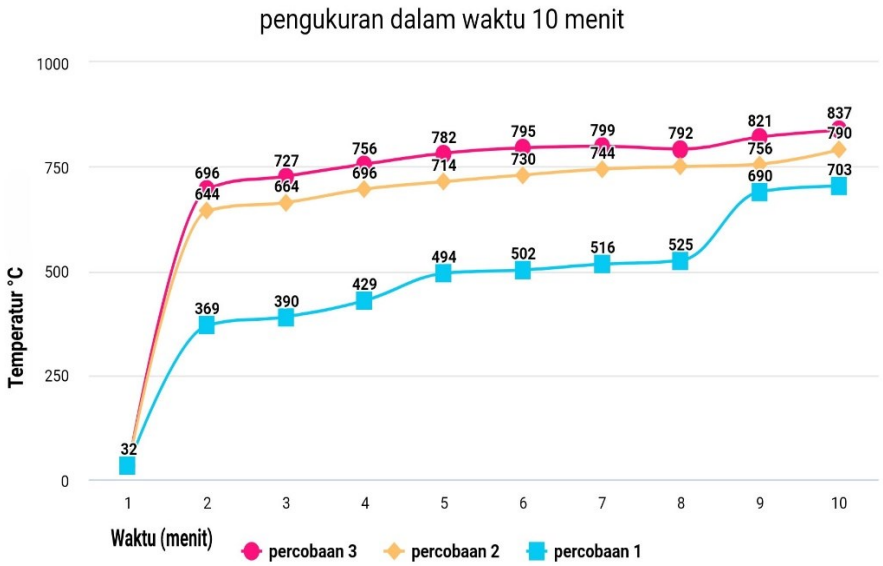
3.1 Hasil pembakaran dengan memvariasikan tekanan gas LPG

Pengujian dengan memvariasikan tekanan gas LPG bertujuan untuk mendapatkan temperatur tertingi. Variasi tersebut dengan mengkombinasikan antara putaran regulator (gas LPG supply) pada tabung gas dan kecepatan udara supply pada blower konstan, dengan variasi supply gas LPG adalah pada putaran: 1/4, 1/2, dan 3/4.

Pada percobaan 1, 2, 3, dengan mengatur gas dan udara dari blower mampu meningkatkan temperatur pada pembakaran dengan sangat efektif sehingga didapatkan temperatur seperti yang diinginkan. **Gambar 4** percobaan 1 regulator putaran 1/4 dan kecepatan blower konstan (9,6m/s) mencapai temperatur tertinggi yaitu 837℃. Pada percobaan 3 regulator putaran 3/4, kecepatan blower konstan (9,6m/s) temperatur hanya mencapai 703℃.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Percobaan

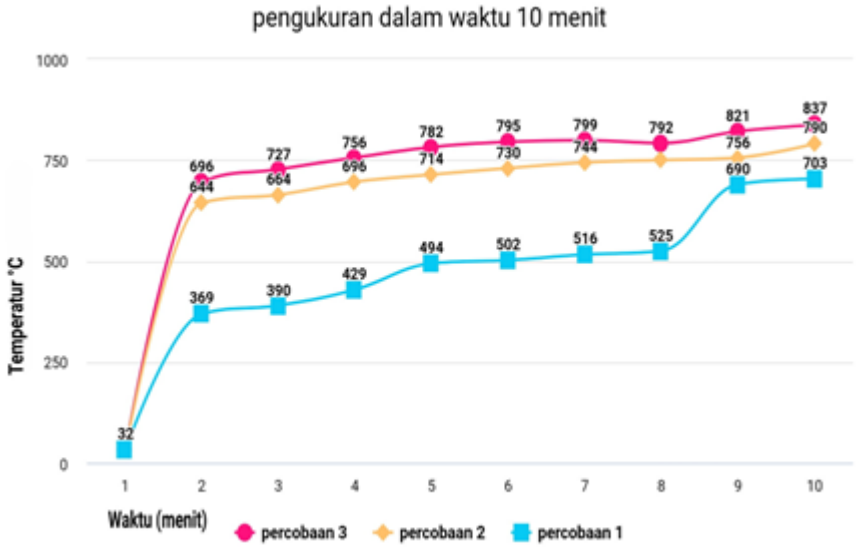
Percobaan	Temperatur awal	Temperatur akhir
Regulator Gas putaran 1/4 , blower putaran 9.6 m/s	32℃	703℃
Regulator Gas putaran 1/2 , blower putaran 9.6 m/s	32℃	790℃
Regulator Gas putaran 3/4 , blower putaran 9.6 m/s	32℃	837℃



Gambar 4. Grafik variasi tekanan gas LPG.

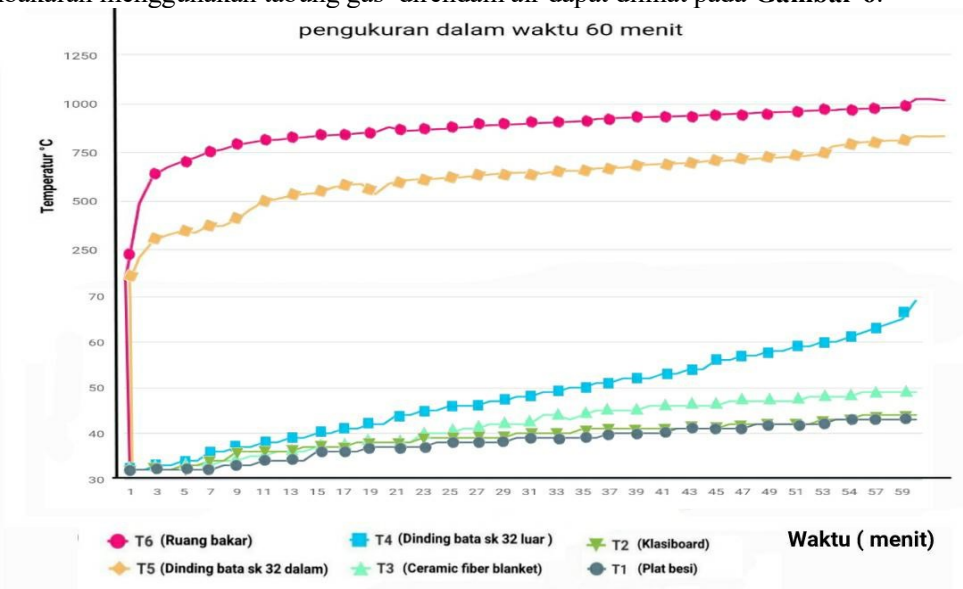
3.1. Hasil pembakaran terhadap tahanan termal

Hasil pembakaran memggunakan tabung gas tanpa direndam air dapat dilihat pada **Gambar 5**. Temperatur awal (T6) adalah 32℃ . Proses pembakaran berlangsung temperatur terus meningkat hingga mencapai 1023℃ dalam waktu 60 menit. Temperatur pada ruang bakar (T6) panasnya akan mengalirkan panas ke lapisan dinding tungku, yaitu: masing-masing lapisan dinding dengan label T5, T4, T3, T2, dan T1. Suhu awal pada dinding bata bata (T5) adalah 32℃, kemudian pada proses pembakaran temperatur terus meningkat mencapai 832℃ pada waktu 60 menit. Pada T4, temperatur awal 32℃ terus meningkat mencapai 69℃ dalam kurun waktu 60 menit. Pada T3 temperatur awal 32℃ hingga 48℃ pada T2 temperatur awal 32℃ hingga 44℃ dan pada T1 temperatur awal 32℃ hingga 43℃. Dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Grafik pembakaran memggunakan tabung gas tanpa direndam air.

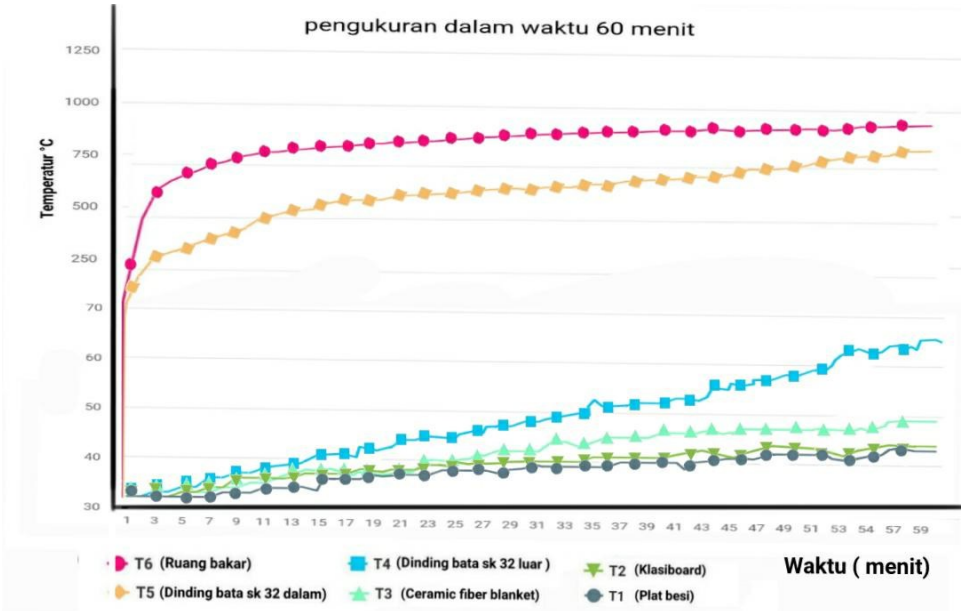
Hasil pembakaran menggunakan tabung gas direndam air dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Grafik pembakaran memggunakan tabung gas direndam air.

Gambar 6 menunjukkan hasil pembakaran dalam tungku, dimana tabung gas direndam air. Temperatur awal pada posisi T6 adalah 32 ℃, kemudian pada proses pembakaran temperatur terus meningkat mencapai 1023℃ selama waktu pembakaran 60 menit. Temperatur pada posisi T5, dimana temperatur awal sebesar 32℃, kemudian setelah proses pembakaran, temperatur ukur meningkat mencapai 832℃ dalam waktu 60 menit. Sedangkan temperatur pada posisi T4, temperatur awal adalah 32℃ kemudian mencapai temperatur 69℃ dalam waktu 60 menit. Selanjutnya posisi temperatur T3 temperatur awal 32℃ menjadi 48℃. Untuk posisi ukur temperatur T2, temperatur awal 32℃ meningkat menjadi 44℃. Dan pada posisi ukur T1, temperatur awal 32℃ menjadi temperatur 43℃.

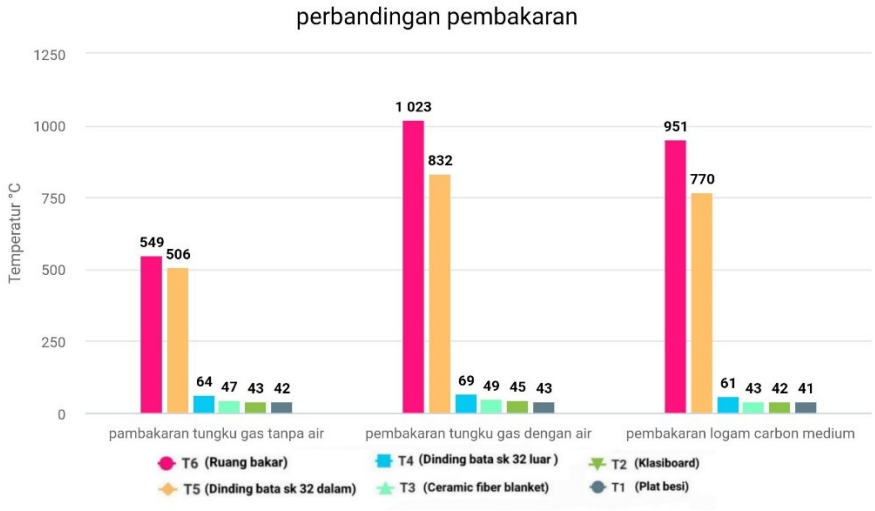
Hasil pembakaran logam (*Carbon Medium)* dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Grafik pembakaran.

Gambar 7 merupakan hasil pengukuran temperatur pada pembakaran logam dalam tungku. Temperatur ruang bakar tungku (T6), dimana temperatur awal 32℃ kemudian pada proses pembakaran temperatur terus meningkat perlahan sehingga mencapai temperatur 951℃ selama 60 menit. Posisi ukur pada T5 suhu awal 32℃, selama proes pembakaran temperatur terus meningkat mencapai 770℃ dalam waktu 60 menit. Posisi ukur T4, temperatur awal 32℃ terus meningkat mencapai 64℃ selama 60 menit. Posisi ukur T3 temperatur awal 32℃ hingga 43℃. Posisi ukur T2 temperatur awal 32℃ meningkat hingga 42℃. dan pada posisi ukur T1 temperatur awal 32℃ hingga 41℃.

Hasil perbandingan tahanan termal pada proses pembakaran dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Diagram perbandingan tahanan termal pada proses pembakaran

Gambar 8 merupakan perbandingan hasil proses pembakaran dimana tabung gas LPG tanpa direndam dengan yang direndam. Pengukuran ini dilakukan dengan kondisi pembakaran pada tabung gas yang tidak direndam air. Dari hasil pengukuran menunjukkan adanya pengaruhi temperatur pada ruang bakar dengan lapisan dinding. Temperatur pembakaran tabung gas LPG tanpa direndam dengan air dimana ruang bakar menjadi 549℃. Sedangkan pembakaran tabung gas dengan air dapat temperatur menjadi optimal hingga temperatur mencapai 1023℃. Dimana kondisi ruang bakar tungku adalah kosong. untuk pembakaran dengan memasukan logam carbon medium, temperatur maksimum dapat dicapai sebesar 951℃.

3.2. Perpindahan panas secara konduksi pada lapisan dinding

Laju perpindahan panas pada ruang bakar dan setiap lapisan dinding tungku selama 60 menit dapat dilihat pada **Tabel 2**. Laju perpindahan panas pada setiap posisi ukur pada setiap lapisan dinding tungku yang telah didesain yang ada pada **Tabel 2** adalah dengan kondisi tabung gas LPG yang direndam dengan air.

Tabel 2. Perpindahan panas konduksi

No	Lapisan dinding	Laju perpindahan panas (q)
1	Bata Sk32	2.198 w
2	*Ceramic Fiber Blanket*	10,121 w
3	Klasiboard	2.898 w
4	Plat Besi	5,454 w
	Total	2,216 KW

4. Kesimpulan

Telah berhasil dirancang dan diuji sebuah tungku pemanas logam dengan efisiensi termal tinggi dan distribusi panas terkendali. Dari hasil pengujian tungku pemanas dengan dinding bata SK32 dengan isolasi ceramic fiber blanket, klasiboard, plat besi suhu pada ruang bakar T6 1023°C (ruang bakar), T5 832°C (dinding bata SK32 dalam), T4 = 69°C (dinding bata SK32 luar), T3 = 49°C, (ceramic fiber blanket) T2 = 45°C (klasiboard) dan suhu lapisan bagian luar T1 = 43°C (plat besi). Dengan transfer panas sebesar 2,216 KW. Sistem insulasi tiga lapis terbukti mampu menurunkan suhu luar hingga 43°C saat ruang bakar mencapai 1023°C. Tungku ini cocok untuk aplikasi industri kecil-menengah. Penelitian lanjutan disarankan mengeksplorasi variasi material isolasi lain dan otomasi kontrol suhu.

DAFTAR PUSTAKA

1. Yudha V, Warisaura AD, Yudhanto F, Prabowo FY. Modernisasi Tungku Pembakaran di UMKM Djawadi Pande Besi Desa Gilangharjo. PengabdianMu J Ilm Pengabdi Kpd Masy. 2023;8(2):140–7.
2. Priyanto K, Palmiyanto MH, Priyambodo BH, Cahyono E. Studi Variasi Temperatur Hardening Terhadap Kekerasan Baja Aisi 4340 Melalui Jominy Test. Teknika. 2023;8(1):1–8.
3. Gunawan E. Pengaruh Temperatur Pada Proses Perlakuan Panas Baja Tahan Karat Martensitik Aisi 431 Terhadap Laju Korosi Dan Struktur Mikro. Tek Eng Sains J. 2017;1(1):55.
4. Azmal A, Handoko D, Masril M, Ilhamdi E. Pengaruh Variasi Temperatur Austenit Pengujian Jominy Test Pada Sifat Hardenability Baja St 90. J Vokasi. 2021;16(2):74–9.
5. Rahman, Arif Z, Suheri, Widodo SB. Innovative Jominy Test Equipment for Evaluating The Hardening Of AISI 1045 Steel. JURUTERA - Jurnal Umum Teknik Terapan [Internet]. 2024 Dec 30 [cited 2025 Jul 1];11(02):100–7. Available from: https://ejurnalunsam.id/index.php/jurutera/article/view/10937
6. Rizal A, Samantha Y, Rachmat A. Pembuatan Tungku Pemanas (Muflle Furnace) Kapasitas 1200°C. J-Ensitec. 2016;2(02):13–6.
7. Rusadi R, Hadimi H, Karyadi E. Desain Dan Pembuatan Dapur/Tungku Pemanas Untuk Kerajinan Pandai Besi Untuk Meningkatkan Kualitas Produk. Elkha. 2018;10(2):68.
8. Arif Z, Nazarudin, Kamaruzzaman T. Simulasi Distribusi Aliran Temperatur Pada Lapisan Dinding Tungku (Furnace) Dengan Menggunakan Program Ansys 5,4. J Ilm JURUTERA. 2015;02(01):096–101.
9. Mahmuddin M. Karakteristik Perpindahan Panas Pada Pipa Penukar Kalor Selongsong Aliran Searah Vertikal. J Chem Process Eng. 2016;1(2):30.
10. Sutrisno OD, Amirudin A, Rokhman T, - A. Rancang Bangun Dan Unjuk Kerja Tungku Tempa Portabel Berbahan Bakar Lpg. J Ilm Tek Mesin. 2020;8(1):25–31.
11. Suyadi S. Implementasi Program Kampung Iklim Oleh Kelompok Tani Hutan Enggal Mulyo Lestari. 2024