

EVALUASI KINERJA *FURNACE* PADA PROSES *REMELTING* PT ALUVINDO EXTRUSION

Deasfenta Rizky Kurniawan dan Profiyanti Hermien Suharti

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
deasfenta35@gmail.com, [profiyanti@polinema.ac.id]

ABSTRAK

PT Aluvindo Extrusion (PT AE) merupakan salah satu pabrik penghasil aluminium dengan bahan baku utama berupa *aluminium ingot* dengan tingkat kemurnian 99%. Proses produksi aluminium meliputi proses *remelting*, proses *casting*, proses *extrusion*, proses *oven aging*, proses pelapisan (*anodizing* dan *powder coating*), serta proses *packing*. *Remelting* merupakan bagian proses di mana terjadi peleburan *aluminium ingot* menggunakan *furnace*. *Furnace* yang dipergunakan bertipe *box* dengan 2 lubang *burner* sebagai pembakarnya dan *natural gas* sebagai bahan bakar. *Furnace* beroperasi secara batch dengan suhu operasi 35°C – 1100°C dan berat bahan baku 10.000 kg. Evaluasi *furnace* dilakukan untuk mengetahui kinerja proses pemanasan dalam peleburan *aluminium ingot*. Bahan yang dipanaskan dalam *furnace* ini adalah padatan *aluminium ingot* dengan suhu masuk 35°C. Produk keluar dari *furnace* pada suhu 770°C berupa *aluminium* dalam fasa cair (telah melebur). Metode perhitungan yang digunakan adalah *Direct Method* di mana efisiensi dihitung berdasarkan nilai kalor dari aliran massa (bahan) yang masuk maupun keluar dari *furnace*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi *furnace* yang digunakan pada proses *remelting* di PT Aluvindo Extrusion (PT AE) adalah sebesar 6,23% dan 6,28%.

Kata kunci: *Furnace*, *Remelting*, *Direct Method*, Efisiensi

ABSTRACT

PT Aluvindo Extrusion (PT AE) is an aluminum-producing factory with the main raw material in the form of aluminum ingots with a purity level of 99%. The aluminium production process includes the remelting process, the casting process, the extrusion process, the oven aging process, the coating process (anodizing and powder coating), as well as the packing process. Remelting is a part of the process where aluminum ingot melting occurs using a furnace. The furnace used is a box type with 2 burner holes as a burner and natural gas as a fuel. The furnace operates in batch with an operating temperature of 35°C - 1100°C and a raw material weight of 10,000 kg. Furnace evaluation is carried out to determine the performance of the heating process in aluminum ingot melting. The material heated in this furnace is an aluminum ingot solid with an entry temperature of 35°C. The product comes out of the furnace at 770°C in the form of aluminum in the liquid phase (has melted). The calculation method used is the Direct Method in which efficiency is calculated based on the heating value of the mass flow (material) that enters and exits the furnace. The calculation results show that the efficiency of the furnace used in the remelting process at PT Aluvindo Extrusion (PT AE) is 6.23% and 6.28%.

Keywords : *Furnace*, *Remelting*, *Direct Method*, Efficiency

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri membawa dampak pada peningkatan kebutuhan energi. Salah satu peralatan yang membutuhkan energi cukup besar di industri adalah alat penukar panas [1]. Sebagian besar industri memiliki alat penukar panas dalam proses produksinya. Begitu pun PT Aluvindo Extrusion (PT AE). PT AE merupakan salah satu pabrik penghasil aluminium dengan bahan baku utama berupa *aluminium ingot* dengan tingkat kemurnian 99%. Salah satu proses pada PT AE yang melibatkan alat penukar panas adalah proses *remelting*.

Proses *remelting* adalah salah satu proses utama dalam proses produksi di PT AE. Dalam proses ini *aluminium ingot* dileburkan kembali sebagai bahan baku maupun bahan tambahan untuk proses pembuatan *aluminium billet*. Proses peleburan tersebut menggunakan *furnace* bertipe *box*. *Furnace* pada PT AE menggunakan *natural gas* sebagai bahan bakar proses.

Saat ini, proses *remelting* di PT AE membutuhkan waktu yang lebih lama dalam proses peleburan. Kondisi awal proses *remelting* menggunakan *furnace* ini membutuhkan waktu 6 jam, namun saat ini proses *remelting* membutuhkan waktu 6,5 hingga 7 jam proses. Semakin panjang waktu peleburan dalam proses *remelting* membutuhkan bahan bakar *natural gas* yang lebih banyak lagi.

Oleh sebab itu, evaluasi terhadap kinerja *furnace* dilakukan untuk mengetahui kelayakan operasi *furnace* tipe *box* yang digunakan PT AE. Evaluasi kinerja *furnace* dilakukan dengan menghitung efisiensi panas dari *furnace* tersebut.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Furnace atau tungku adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk proses perpindahan panas atau melelehkan logam. *Furnace* sering digunakan untuk pembuatan bagian mesin (*casting*) atau untuk pemanasan bahan serta mengubah bentuknya (misalnya *rolling*/penggulungan, penempaan) atau merubah sifat – sifatnya (perlakuan panas) [2].

Berdasarkan sumber penghasil panas, *furnace* secara umum dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu *furnace* jenis pembakaran dan jenis listrik. *Furnace* jenis pembakaran menggunakan beberapa jenis bahan bakar *oil*/minyak, gas, atau batu bara. *Furnace* dapat dikategorikan berdasarkan 2 jenis operasinya yaitu *furnace* jenis *batch* berjalan saat ada nya proses dan *furnace* secara *continue* atau terus menerus [3].

Pengoperasian *furnace*, baik secara *batch* maupun *continue* akan mempengaruhi nilai efisiensi *furnace*. Nilai rentang efisiensi dari *furnace* tipe *batch* maupun *continue* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rentang nilai *thermal efficiency furnace* untuk industri secara umum [4]

Furnace Type	Typical Thermal Efficiencies (%)
Low Temperature Furnace	
540°C-980°C (<i>Batch Type</i>)	20 – 30
540°C-980°C (<i>Continuous Type</i>)	15 – 25
<i>Coil Anneal (Bell) radiant Type</i>	5 – 7
<i>Strip Anneal Muffle</i>	7 – 12
High Temperature Furnace	
<i>Pusher, Rotary</i>	7 – 15
<i>Batch Forge</i>	5 – 10
Continuous Kiln	

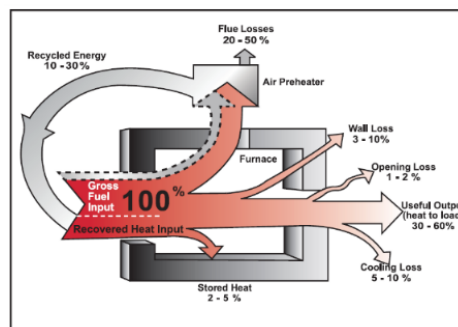
Furnace Type	Typical Thermal Efficiencies (%)
<i>Hoffman</i>	25 – 90
<i>Tunnel</i>	20 – 80
Ovens	
<i>Indirect fired Oven (20°C-370°C)</i>	35 – 40
<i>Direct fired Oven (20°C-370°C)</i>	35 – 40

Furnace dapat mengalami penurunan efisiensi atau penurunan kinerja. Penurunan kinerja tersebut disebabkan oleh beberapa hal, antara lain : desain yang kurang tepat, penggunaan *burner* yang kurang tepat, tidak adanya instrumen pengendali, dan lain-lain [3].

Perhitungan untuk menentukan efisiensi dari *furnace* dapat menggunakan dua metode yaitu *Direct Method* dan *InDirect Method*. *Direct Method* merupakan perhitungan efisiensi alat penukar panas (*furnace* adalah salah satunya) dengan membandingkan secara langsung energi yang diserap oleh fluida dingin (energi *output*) dengan energi yang dihasilkan oleh fluida panas (energi input). Dalam konteks pembahasan pemanasan di *furnace* maka perhitungan efisiensi *Direct Method* dilakukan dengan membandingkan panas yang diterima bahan baku yang dilebur (*aluminium ingot*) dengan panas yang dihasilkan oleh bahan bakar.

Sedang *InDirect Method* merupakan perhitungan efisiensi alat penukar panas berdasarkan kerugian-kerugian (*heat losses*) yang timbul selama proses perpindahan panas. Kerugian-kerugian tersebut dapat berupa: (1) *sensible heat loss* dalam gas buang, (2) kehilangan panas karena kelembaban dalam gas buang, (3) kehilangan panas karena bukaan dalam tungku, (4) kehilangan panas melalui permukaan dalam tungku serta kerugian-kerugian yang lain. Beberapa parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan efisiensi panas *inDirect Method* adalah jumlah konsumsi *oil/gas furnace* per jam, jumlah *output* bahan, jumlah udara berlebih, suhu gas buang, suhu tungku di berbagai zona, suhu kulit dan suhu udara pembakaran panas [3].

Furnace yang digunakan dalam proses *remelting* PT AE merupakan *furnace bertype Box* serta berjenis *Batch*. *Furnace* ini berbentuk *Box* atau kotak di mana *burner* dipasang pada sisi *furnace*, dengan pemanasan menggunakan *natural gas* sebagai bahan bakar, dan memiliki 2 *burner* yang berfungsi secara bergantian sebagai pembakar sekaligus sebagai tempat keluarnya udara panas. Kinerja dari *furnace type box* ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kinerja panas pada *furnace* [3]

2.1. Metode Perhitungan

Perhitungan efisiensi panas dari *furnace* tipe *Box* di PT AE dilakukan dengan *Direct Method*, berdasarkan jumlah *energy output* dan *energy input*. *Energy output* diperoleh dari

panas yang diserap oleh bahan baku yang melebur di dalam *furnace*, sedang *energy input* diperoleh dari energi yang dihasilkan oleh *natural gas*. Perhitungan efisiensi tersebut mengikuti persamaan (1) berikut:

$$\text{Efisiensi Furnace} = \frac{\text{Jumlah Energy Output}}{\text{Jumlah Energy Input}} \times 100\% \quad (1)$$

2.2. Data Pengamatan

Data – data yang dipergunakan dalam perhitungan untuk menentukan efisiensi *furnace* dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 2. Kondisi bahan utama pada *furnace*

Aluminium		
Massa	10	Ton
Suhu awal	35	°C
Suhu akhir	1100	°C

Tabel 3. Spesifikasi bahan utama pada *furnace* [4]

Aluminium		
Cp	0,9	Kj/Kg °C
<i>Latent Heat</i>	393	Kj/Kg
<i>Melting Point</i>	660,35	°C

Tabel 4. Data – data kondisi gas pada *furnace* [5]

Komposisi	Nilai	Satuan
N ₂	2.088	%
CO ₂	ND	%
CH ₄	89.745	%
C ₂ H ₆	2.794	%
C ₃ H ₈	2.329	%
i-C ₄ H ₁₀	0.723	%
n-C ₄ H ₁₀	0.994	%
i-C ₅ H ₁₂	0.478	%
n-C ₅ H ₁₂	0.396	%
C ₆₊	0.453	%
ND karena <i>limit detection</i> 0.005		
<i>Gross Calorific Value</i>	1132.21189	btu/CF

SG	0.62578
----	---------

Tabel 5. Penggunaan bahan bakar untuk *furnace*

<i>Natural Gas</i>	
Tanggal	Total
12 Juli 2019	5152 m ³
19 Juli 2019	5110 m ³

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Nilai Kalor Bahan

Bahan utama dalam proses *remelting* yang terjadi di PT AE adalah aluminium padatan. Aluminium padatan ini kemudian melebur karena adanya panas yang diterima dari *natural gas*. Aluminium padatan tersebut mengalami perubahan dengan adanya panas yang diterima. Perubahan tersebut terbagi menjadi 3 (tiga) fase, yaitu (1) kenaikan suhu dengan aluminium masih berada dalam fasa padatan, (2) perubahan fasa aluminium, dari fasa padat menjadi fasa cair, dan (3) kenaikan suhu dari aluminium yang sudah melebur. Dengan demikian, terdapat 3 (tiga) nilai kalor dari aluminium, yaitu Q_1 , Q_2 dan Q_3 . Q_1 merupakan panas sensible di mana aluminium mengalami kenaikan suhu namun tidak berubah wujud. Q_2 merupakan panas laten di mana aluminium berubah wujud dari padat menjadi cair (lebur) namun suhu dalam keadaan tetap. Sedang Q_3 merupakan panas *sensible* di mana aluminium yang sudah melebur dipanaskan hingga mencapai suhu tertentu namun tidak berubah wujud. Masing-masing nilai kalor dihitung berdasarkan persamaan (2), (3) dan (4) dan nilai kalor bahan disajikan pada Tabel 6.

$$Q_1 = m \times C_p \times \Delta T \quad (2)$$

$$Q_2 = m \times L \quad (3)$$

$$Q_3 = m \times C_p \times \Delta T \quad (4)$$

Tabel 6. Nilai Kalor Bahan

Massa	Cp (kJ/kg°C)	L (kJ/kg)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	Q (kJ)		
					Q ₁	Q ₂	Q ₃
10.000	0,9	-	35	660,35	5.628.150	-	-
	-	396	-	-	-	3.960.000	-
	0,9	-	660,35	1100	-	-	3.956.850

Nilai total kalor (Q_{total}) dari aluminium diperoleh dengan menjumlahkan ketiga nilai kalor di atas, dengan perhitungan mengikuti persamaan (5), maka akan menghasilkan Q total sebesar 13.545.000 kJ dan diubah konversikan menuju kilo kalori menjadi 3.237.336,27 kKal.

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (5)$$

di mana:

Q = *Quantity of heat* (kCal)

m = Berat Bahan (kg)

- C_p = Specific Heat (kCal/kg°C)
 L = Panas Laten (Kj/Kg)
 ΔT = beda temperatur = $T_2 - T_1$
 T_2 = Temperatur Akhir (°C)
 T_1 = Temperatur Awal (°C)

3.2 Nilai Kalor *Natural Gas*

Bahan bakar yang digunakan dalam proses *remelting* di PT AE adalah *natural gas* yang disuplai oleh PT Lapindo Brantas Inc. Nilai kalor dari *natural gas* yang digunakan dalam proses *remelting* ini diperoleh dari hasil analisa yang dilakukan oleh PT Lapindo Brantas Inc. Dan biasa disebut nilai kalor kotor (*gross calorific value*). Total dari nilai kalor yang dihasilkan *natural gas* selama proses *remelting* diperoleh dengan cara mengalikan *gross calorific value* dengan volume pemakaian *natural gas* selama berlangsungnya proses *remelting*, yaitu 6,5 jam. Nilai kalor dari *natural gas* disajikan di Tabel 7.

Tabel 7. Nilai kalor *natural gas*

Volume Gas	Gross Calorific Value	$Q_{\text{NaturalGas}}$
5152 m ³	10082,48 kKal/ m ³	51.944.927,71 kKal
5110 m ³		52.521.472,80 kKal

3.3 Nilai Efisiensi *Furnace*

Perhitungan efisiensi ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan *furnace* dalam proses produksi *aluminium billet* di PT AE. Perhitungan efisiensi *furnace* merujuk pada persamaan (1), berdasarkan perhitungan nilai kalor bahan dan *natural gas*. Nilai dari efisiensi *furnace* yang digunakan di PT AE disajikan di Tabel 8.

Tabel 8. Nilai efisiensi *furnace*

$Q_{\text{TotalBahan}}$ (kKal)	$Q_{\text{NaturalGas}}$ (kKal)	Efisiensi (%)
3.237.336,27	51.944.927,71	6,23
	52.521.472,80	6,28

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai efisiensi *furnace* di proses *remelting* PT AE adalah sebesar 6,23% dan 6,28%. *Furnace* di PT AE termasuk dalam kategori *high temperature furnace*, tipe *batch*. Table 1 menunjukkan bahwa rentang nilai *thermal efficiency* untuk *furnace* kategori tersebut berkisar antara 5% - 10%. Dengan demikian hasil perhitungan efisiensi *furnace* yang telah dilakukan masih memenuhi nilai rentang tersebut atau dapat dikatakan bahwa *furnace* yang digunakan dalam proses *remelting* di PT AE masih layak untuk digunakan. Akan tetapi berada pada rentang nilai yang rendah. Efisiensi dari *furnace* dapat ditingkatkan salah satunya dengan cara meningkatkan konsentrasi oksigen dalam pembakaran [6], pemanfaatan gas buang untuk memanaskan udara pembakaran serta pemasangan *economizer* [7], pengontrolan tekanan sehingga menurunkan tingkat kebocoran uap [8].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Bedasarkan analisa dan perhitungan kinerja *furnace* yang digunakan pada proses *remelting* di PT AE, dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

1. Nilai kalor total yang dihasilkan oleh *natural gas* adalah, 51.944.927,71 kKal dan 52.521.472,80 KKal, sedang nilai kalor yang diterima oleh *aluminium ingot* adalah sebesar 52.521.472,80 kKal.
2. Nilai efisiensi *furnace* adalah 6,23% dan 6,28%. , Nilai tersebut menunjukkan bahwa *furnace* masih berada dalam *range* yang diijinkan untuk *furnace* bertipe *batch, high temperature furnace*, yaitu 5% - 10%.

4.2. Saran

Upaya – upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi *furnace* antara lain: meningkatkan konsentrasi oksigen dalam pembakaran, pemanfaatan gas buang untuk memanaskan udara pembakaran serta pemasangan economizer, dan pengontrolan tekanan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan di PT AE dalam peningkatan efisiensi *furnace* yaitu dengan meningkatkan konsentrasi oksigen dalam pembakaran dengan alasan dapat juga menurunkan laju alir konsumsi bahan bakar [6].

REFERENSI

- [1] Chalim, Akbar, Hakimul. 2017. *Penentuan Number Transfer Unit dari Sistem Fluida Blending Propilen Glikol – Etilen Glikol, Dietilen Glikol – Metanol Sebagai Pendingin Peralatan Satuan Operasi Menggunakan Alat Penukar Panas Jenis Shell and Tube 1-1*. Prodi D3 Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Negeri Malang. Malang
- [2] Jie, Choo. 2015. *DESIGN AND DEVELOPMENT OF A MILD FURNACE*. Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Malaysia Pahang (UMP), 26600 Pekan, Pahang, Malaysia.
- [3] Bhawan Sewa, R.K Puram. 2015. *Energy Performance Assessment for Equipment and Utility Systems*. New Delhi, India
- [4] Andrew Duffy. 2006. *Essential Physics : Volume 1*. Boston University
- [5] Laporan PT Lapindo Brantas inc
- [6] Wahid, Aditya. 2016. *Pemodelan dan Simulasi Peningkatan Suhu Nyala Teoritis Dan Efisiensi Tungku Berbahan Gas*, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia. Universitas Indonesia. Depok
- [7] Chalim, Farizka, Husen. 2016. *Efektivitas dan Efisiensi Alat Penukar Panas Jenis Shell and Tube 1-1 Kapasitas 20 Liter untuk Sistem Air-Air*. Prodi D3 Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Negeri Malang. Malang
- [8] Palaloi, Sudirman. 2014. *Analisis Potensi Penghematan Energi Pada Boiler di Pabrik Tekstil*. Balai Besar Teknologi Energi. Kawasan Serpong. Indonesia.