

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SEKAT PADA TUTUP DAPUR PELEBURAN CRUCIBLE NON FERROUS METAL TERHADAP TEMPERATUR RUANG BAKAR KAPASITAS 3 KG BERBAHAN BAKAR LPG

Chandro H. Butarbutar^{1*}, Mahadi², Indra³, Syahrul Abda⁴

^{1,2,3,4}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
candro.butarbutar@gmail.com

Abstrak

Industri pengecoran sangat dibutuhkan dalam pengembangan suatu produk, baik permesinan maupun produk rumah tangga. Dapur peleburan logam merupakan suatu alat yang penting dalam menghasilkan suatu produk. Beberapa dapur peleburan telah dikembangkan oleh para peneliti sebelumnya. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan dapur peleburan *crucible nonferrous metal* kapasitas 3 kg berbahan bakar gas *LPG* dengan penambahan sekat pada tutup. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan sekat pada tutup terhadap kalor yang dibutuhkan untuk meleburkan logam *nonferrous* metal dan konsumsi bahan bakar yang digunakan. Metode penelitian adalah perancangan, pembuatan dan pengujian. Pengujian dilakukan dengan cara meleburkan 1 kg aluminium di dapur lebur tanpa dan memakai sekat dengan menggunakan bahan bakar *LPG* yang dibantu udara dari blower dan dilakukan di laboratorium Foundry Teknik Mesin USU. Hasil penelitian adalah kalor yang diserap pada dapur peleburan memakai sekat penutup sebesar 20.051,608 kJ dengan laju kalor yang terbuang sebesar 3.735,929 kJ/jam dan banyaknya bahan bakar yang dihabiskan 0,42 kg dengan waktu peleburan 18 menit. Dan untuk dapur peleburan yang tidak memakai sekat kalor yang diserap sebesar 31.912,738 kJ dengan laju kalor yang terbuang sebesar 6.624,29 kJ/jam dan banyaknya bahan bakar yang dihabiskan 0,68 kg dengan waktu peleburan 25 menit.

Kata kunci : Dapur peleburan, Logam *nonferrous*, Bahan bakar *LPG*, Kalor

1. Pendahuluan

Pada proses pengecoran, aluminium harus dipanaskan sampai lebur selanjutnya dituang ke dalam cetakan. Proses pemanasan dan peleburan logam dilakukan pada dapur (furnance). Dapur peleburan logam berbagai macam jenisnya baik bentuk maupun jenis bahan bakar yang digunakan [1].

Beberapa dapur peleburan logam berbahan bakar gas *LPG* telah dikembangkan oleh para peneliti sebelumnya. Sebuah dapur *crucible* berbahan bakar gas untuk peleburan aluminium scrap telah dirancang dan difabrikasi oleh Esor. Model dapur dirancang sesuai

untuk kebutuhan laboratorium dan workshop. Hasil uji coba menunjukkan bahwa dapur yang dirancang dapat meleburkan aluminium scrap sebanyak 5kg pada temperatur 660°C selama 300 detik [2].

Dengan adanya perencanaan pemakaian bahan bakar, dan pemilihan bahan dapur yang tepat serta pemakaian penyekat panas maka efisiensi dan keselamatan kerja dapat ditingkatkan [3].

Penelitian ini merancang sebuah dapur pengecoran logam berbahan bakar gas LPG dengan dilakukan desain pada tutup dapur untuk mempersempit ruang bakar yang bertujuan untuk mengurangi panas yang terbuang pada dapur lebur.

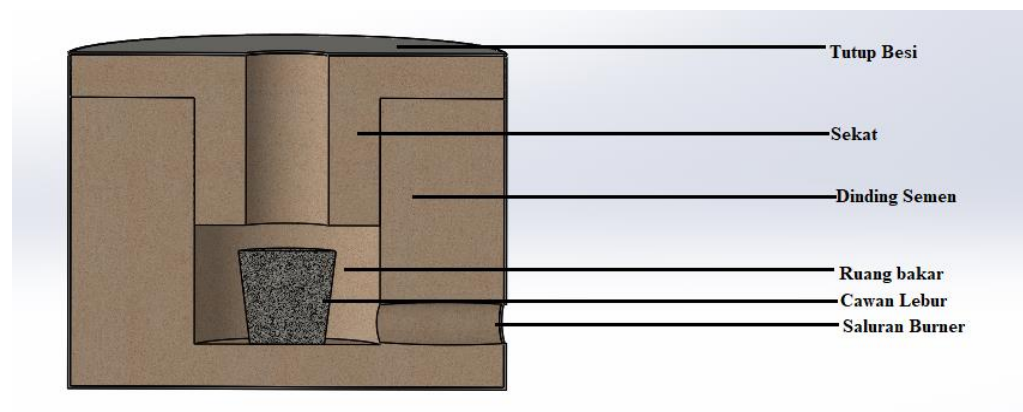
2. Metode penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Foundry Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara tepat di Jl. Dr. T. Mansur No. 9, Padang Bulan, Medan, Sumatera Utara, Indonesia.

Perencanaan Dapur

1. Konstruksi dapur pelebur

Dapur crucible ini memakai bahan bakar Gas LPG yang memanasi sebuah cawan lebur yang terletak di tengah-tengah sebuah silinder baja yang dilapisi dengan semen tahan api, dimana antara cawan lebur dan semen tahan api tersebut terdapat ruang bakar. Dapur Pelebur atau Crucible ini dirancang dengan menambahkan sekat penutup pada dapur lebur. Penambahan sekat untuk memperkecil luas ruang bakar. Agar suhu di ruang bakar mengalami kenaikan yang cepat, sehingga mempercepat proses peleburan logam nonferrous. Sekat penutup yang dirancang dilapisi dengan semen tahan api.



Gambar 2.1 Konstruksi Dapur peleburan

2) Cawan lebur

Cawan lebur ini mempunyai ukuran-ukuran sebagai berikut :

-Diameter luar : 110 mm

-Tebal : 3 mm

-Tinggi : 110 mm

Cawan lebur yang dipergunakan adalah silinder baja yang terbuat dari baja paduan yang pembuatannya melalui proses pengolahan panas dengan berbentuk lembaran kandungan karbon rendah. Dapat diketahui temperatur cair dari bahan cawan lebur yaitu baja karbon rendah berkisar 1538°C dengan batas temperatur kerja atau sudah mengalami perubahan rekristalisasi pada suhu 810°C. Sedangkan dapur ini hanya bekerja pada temperatur maksimum 750°C dan masih berada di bawah batas temperatur kerja dari baja karbon ini.

Kapasitas Cawan Lebur

Kapasitas maksimum logam aluminium yang dapat ditampung pada cawan lebur adalah :

$$w_{\max} = V_c \cdot \rho_{\text{al}}$$

Dimana : ρ_{al} = berat jenis aluminium = 2707 kg/m³

$$V_c = \text{volume cawan} = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

dimana : D_c = diameter alas cawan = 0,11 m

$$t_c = \text{tinggi cawan maksimum untuk peleburan} = 0,11 \text{ m}$$

$$\text{maka : } w_{\max} = \pi \cdot 0,055^2 \cdot 0,11 \cdot 2700 = 2,82 \text{ kg}$$

kapasitas maksimum dari cawan lebur adalah 2,82 kg

$$\text{Berat cawan lebur adalah : } W_1 = \frac{\pi \cdot D_c^2 \cdot x_1 \cdot t}{4} \cdot \rho_c$$

Dimana : D_c = diameter luar cawan yaitu 0,11 m

$$\rho_c = 7801 \text{ kg/m}^3$$

$$t = 0,11 \text{ m}$$

$$x_1 = 0,003 \text{ m}$$

maka berat cawan lebur adalah :

$$W = \frac{\pi \cdot 7801 \cdot 0,11 \cdot 0,11 \cdot 0,003}{4} = 1,11 \text{ kg}$$

3) Ruang Bakar

Ukuran dari ruang bakar dapur lebur (1) ditentukan dari :

$$1. \text{Lebar} = 2.1/3 \cdot \text{diameter cawan lebur} + \text{diameter cawan} + 20$$

$$= 2.1/3 \cdot 120 + 120 + 20$$

$$= 220 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{Tinggi} &= \text{tinggi cawan lebur} + 30 \\ &= 140 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{Volume ruang bakar} &= \text{Volume } \pi d^2 t - \text{volume cawan lebur} \\ &= \pi (0,22)^2 0,14 - \pi (0,11)^2 0,11 = 0,017 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ukuran dari ruang bakar dapur lebur (2) ditentukan dari :

$$\begin{aligned} 1. \text{Lebar} &= 2.1/3. \text{ diameter cawan lebur} + \text{diameter cawan} + 20 \\ &= 2.1/3 \cdot 120 + 120 + 20 \\ &= 220 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{Tinggi} &= \text{tinggi cawan lebur} + 30 + 150 \\ &= 290 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{Volume ruang bakar} &= \text{Volume } \pi d^2 t - \text{volume cawan lebur} \\ &= \pi (0,22)^2 0,29 - \pi (0,11)^2 0,11 = 0,039 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

4) Semen tahan api

Semen tahan api yang digunakan adalah semen tahan api C₁₆

$$W_2 = (\pi r_a^2 \cdot t_a - v_{rb}) \rho_{\text{semen}} + (\pi r_a^2 \cdot t_b) \rho_{\text{semen}} + (\pi r_c^2 \cdot t_c - \pi r_b^2 \cdot t_c) \rho_{\text{semen}}$$

Dimana :

W_2 = berat semen tahan api

r_a = jari-jari luar semen tahan api = 500 mm

v_{rb} = volume ruang bakar = 0,017 m³

ρ_{semen} = massa jenis semen tahan api (C₁₆) = 2200 kg/m³

t_a = tinggi ruang bakar = 140 mm

t_b = tinggi alas = 56 mm

t_c = tinggi tutup = 200 mm

r_b = jari-jari dalam lubang pada tutup = 110 mm

r_c = jari-jari luar lubang pada tutup = 220 mm

$$\begin{aligned} W_2 &= (\pi \cdot 0,5^2 \cdot 0,14 - 0,017) 2200 + (\pi \cdot 0,5^2 \cdot 0,056) 2200 + (\pi \cdot 0,2^2 \cdot 0,2 - \\ &\quad \pi \cdot 0,11^2 \cdot 0,22) 2200 \\ &= 337,986 \text{ kg} \end{aligned}$$

5) Dinding luar

Dinding luar yang dipakai terbuat dari baja karbon dengan pengerjaan tempa. Ketebalan dinding adalah 3 mm. Plat baja karbon dirol untuk membentuknya menjadi silinder dengan diameter 500 mm. Untuk dinding penahan bagian bawah

dipasang juga baja ketebalan 3 mm.

Berat dinding luar adalah :

$W_3 = \text{berat dinding samping} + \text{berat dinding atas dan bawah}$

$$W_3 = \pi \cdot D_d \cdot t \cdot x_{d1} + 2 \cdot \left(\frac{\pi}{4} \cdot D_d^2 \cdot x_{d2} \right)$$

Dimana :

D_d = diameter dinding luar yaitu 0,5 m

t = tinggi dinding = 0,396 m

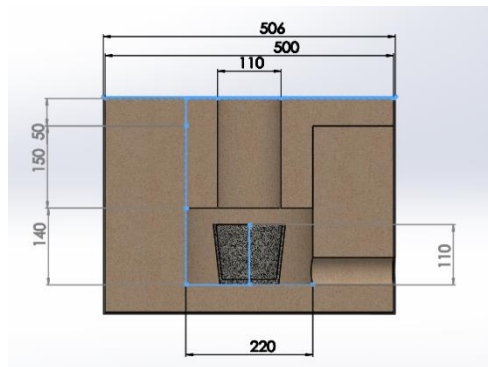
x_{d1} = tebal dinding samping = 0,003 m

x_{d2} = tebal dinding bawah dan atas = 0,003 m

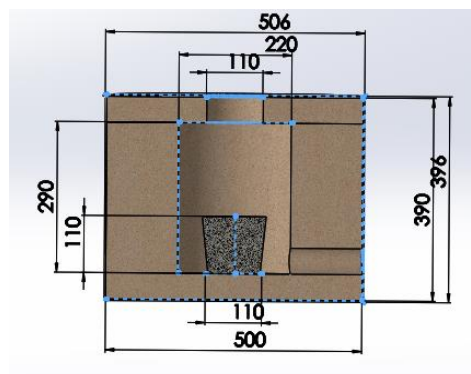
ρ = berat jenis dinding = 7833 kg / m³

Maka

$$W = \pi \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,003 \cdot 7833 + 2 \cdot \left(\frac{\pi}{4} \cdot (0,5)^2 \cdot 0,003 \cdot 7833 \right) = 47,93 \text{ kg}$$



Gambar 2.2. Dimensi dapur lebur yang memakai sekat



Gambar 2.3 Dimensi dapur lebur tanpa sekat

6) Proses pembuatan dapur lebur

Proses fabrikasi dapur peleburan dilakukan di Laboratorium Foundry Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara selama kurang lebih 1 bulan. Adapun proses fabrikasi

terdiri atas : proses pembuatan tutup, proses pembuatan dinding semen, dan proses pemilihan burner.



Gambar 2.4 Proses pembuatan tutup

Tutup tungku dibuat dari bahan besi dengan ketebalan 3mm dan diameter 500mm. Pada tutup tungku ditambahkan sekat untuk menambah efisiensi dari dapur peleburan. Tutup tungku juga dilapisi semen refractory SCR-16 setebal 50mm. Untuk memperkuat lapisan pada tutup tungku dilas beberapa besi kecil (angker) untuk memperkuat lapisan semen.



Gambar 2.5 Proses pembuatan dinding

Untuk pembuatan dinding tungku, bahan yang digunakan adalah SCR-16 dengan ketebalan 140mm. Sebelum penuangan semen, terlebih dahulu dilas beberapa angker untuk memperkuat dinding semen.



Gambar 2.5 Instalasi burner dan pengujian

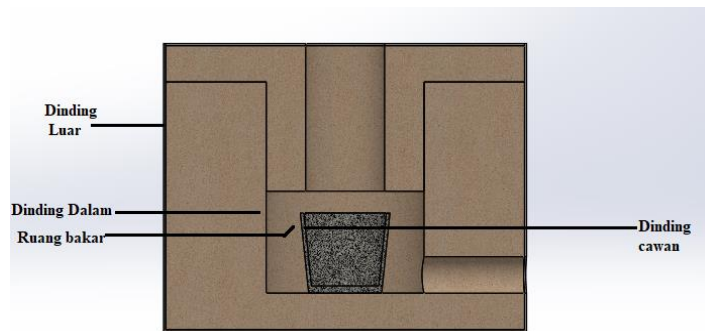
Setelah tutup dan dinding selesai kemudian dilakukan pemilihan burner yang sesuai

dengan tungku. Burner dan blower dimasukkan melalui saluran yang telah disediakan untuk segera dilakukan pengujian temperatur. Hasil pengujian dibaca pada komputer melalui data akuisisi dan kabel termokopel

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Hasil pengujian

Setelah dilakukan pengujian waktu untuk meleburkan 1kg aluminium pada dapur 1 atau yang memakai sekat adalah 18 menit. Dan pada dapur 2 atau yang tidak memakai sekat adalah 25 menit. Pengujian dilakukan dengan mengukur suhu Cawan lebur, ruang bakar, dinding dalam, dan dinding luar menggunakan kabel thermokopel. Suhu diukur dari mulai gas dinyalakan sampai aluminium melebur. Berikut data dalam bentuk tabel dan diagram perbandingan pengukuran suhu cawan, ruang bakar, dinding dalam dan dinding luar pada dapur lebur yang memiliki sekat dan yang tidak memiliki sekat.



Gambar 3.1 Letak titik pengujian

Tabel 3.1 Suhu pengujian

Letak pengujian	Suhu akhir peleburan(°C)	
	Dapur lebur yang memakai sekat(18 menit)	Dapur yang tidak memakai sekat (25 menit)
Dinding cawan	630	630
Ruang bakar	826	812
Dinding dalam dapur	490	498
Dinding Luar Dapur	54	53

3.2 Perhitungan pemakaian bahan bakar

1) pemakaian bahan bakar dapur yang memakai sekat

a.) Kalor untuk melebur aluminium (Q_1)

$$Q_1 = Q_A + Q_B + Q_C$$

$$= m_{al} \cdot C_{p1} \cdot \Delta t_1 + m_{al} \cdot h + m_{al} \cdot C_{p2} \cdot \Delta t_2$$

Dimana : m_{al} = Massa aluminium yang akan dilebur = 1 kg

C_{p1} = Panas jenis aluminium padat^[10] = 0,215 kkal/kg°C

Δt_1 = Perbedaan suhu dari titik cair aluminium dengan suhu kamar

$$= (660 - 27)^{\circ}\text{C} = 633^{\circ}\text{C}$$

h = Panas latent Aluminium^[10] = 95 kkal / kg

C_{p2} = Panas jenis aluminium cair^[10]

$$= 0,26 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}$$

Δt_2 = Perubahan suhu dari temperatur penuangan ke titik cair = $(750-660)^{\circ}\text{C} = 90^{\circ}\text{C}$

Maka kalor untuk melebur Aluminium sebesar : $Q_1 = (1 \times 0,215 \times 633) + (1 \times 95) + (1 \times 0,26 \times 90) = 254,495 \text{ kkal} = 1.064,8 \text{ kJ}$

b) Kalor yang diserap dinding dalam (Q_2)

$$Q_2 = m_b \cdot C_{p3} \cdot dt$$

Dimana :

m_b = Massa dinding dalam yang menerima panas

Berat semen yang menerima panas adalah :

$$m = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D_{1b}^2 - D_{2b}^2) \cdot t_b \cdot \rho$$

dimana :

D_{1b} = diameter luar semen = 0,5 m

D_{2b} = diameter dalam semen = 0,22 m

t_b = tinggi semen yang menerima panas

$$= 0,14 \text{ m}$$

ρ = berat jenis semen tahan api c16

$$= 2200 \text{ kg / m}^3$$

Maka :

$$m = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,5^2 - 0,22^2) \cdot 0,14 \cdot 2200 = 48,74 \text{ kg}$$

Sehingga didapat:

$$m = 48,74 \text{ kg}$$

C_{p3} = Panas Jenis semen tahan api

$$= 0,23 \text{ (kkal/kg}^{\circ}\text{C)}$$

Dt = Perubahan suhu di semen tahan api Suhu rata-rata semen tahan api bagian luar adalah $(27+45)/2 = 36^{\circ}\text{C}$

Suhu rata-rata semen bagian dalam

= 490°C.

Maka suhu rata-rata semen

$$= (490+36)/2 = 263 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Dengan demikian perubahan suhu (dt)

$$= 263^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C} = 236^{\circ}\text{C}.$$

Sehingga banyak panas yang diserap semen adalah : $Q_2 = 48,74.0,23.236$

$$= 2.645,6 \text{ kkal}$$

$$= 11.069,19 \text{ kj}$$

c.) Kalor yang Diserap Dinding Plat Luar (Q_3)

Besarnya kalor yang diserap dinding plat luar ini adalah :

$$Q_3 = m_{p1} \cdot Cp_4 \cdot dt$$

Dimana :

m_{p1} = massa plat luar

Cp_4 = panas jenis plat luar^[10]

$$= 0,46 \text{ kkal / kg}^{\circ}\text{C}$$

dt = perubahan suhu plat

Massa plat yang mengalami perubahan suhu adalah :

$$m_{pl} = \pi \cdot D_p \cdot t_p \cdot x_p \cdot \rho$$

Dimana :

D_p = diameter plat luar = 0,506 m

t_p = tinggi plat yang mengalami perubahan suhu = 0,396 m

x_p = ketebalan dinding plat = 0,003 m

ρ = berat jenis dinding plat = 7833/m³

Maka :

$$m = \pi \cdot 0,506 \cdot 0,396 \cdot 0,003 \cdot 7833$$

$$= 14,78 \text{ Kg}$$

Suhu pada plat yang tertinggi adalah 54°C, dan suhu pada titik 0,396 m adalah 27°C.

Maka suhu rata-rata yang dialami dinding plat ini adalah : $(54 + 27) / 2 = 40,5^{\circ}\text{C}$

Maka perubahan suhu (d_1) yang terjadi adalah $40,5 - 27 = 13,5^{\circ}\text{C}$

Maka :

$$Q_3 = 14,78 \text{ kg} \cdot 13,5^{\circ}\text{C} \cdot 0,46 \text{ kkal / kg}^{\circ}\text{C}$$

$$= 91,78 \text{ kkal} = 384,007 \text{ kj}$$

d.) Panas yang Diserap Cawan Lebur (Q_4)

Cawan lebur adalah bagian yang paling besar mengalami perubahan suhu.

Besarnya kalor yang diserap cawan lebur ini adalah :

$$Q_4 = m_{cl} \cdot C_{p5} \cdot dt$$

Dimana :

m_{cl} = massa cawan lebur = 1,11 kg

C_{p5} = panas jenis cawan lebur^[4]

$$= 0,169 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$$

dt = perubahan suhu = $(t_t - t_0)$

dimana :

t_t = suhu akhir cawan lebur = 630°C

t_0 = suhu awal cawan lebur = 34°C

$$dt = 630 - 34 = 596^\circ\text{C}$$

Maka :

$$Q_4 = 1,11 \text{ kg} \cdot 0,169 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \cdot 596^\circ\text{C}$$

$$= 111,803 \text{ kkal} = 467,7 \text{ kj}$$

e.) Panas yang Diserap Plat Atas (Q_5)

Kalor yang diserap plat atas ini dapat dicari dengan rumus :

$$Q_5 = m_{pl} \cdot C_{p6} \cdot dt$$

Dimana :

$$m_{pl} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D_{luar}^2 - D_{dalam}^2) \cdot t \cdot \rho$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,22^2 - 0,11^2) \cdot 0,003 \cdot 2200$$

$$m = 12,53 \text{ kg}$$

C_{p6} = Panas jenis plat atas = $0,46 \text{ (kkal/kg}^\circ\text{C)}$

Plat akan mengalami perubahan suhu dari 27°C sampai ke 320°C . Maka besarnya perubahan suhu yang terjadi adalah

$$dt = 320 - 27 = 293^\circ\text{C}$$

Dengan demikian :

$$Q_5 = 12,53 \text{ kg} \cdot 0,46 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \cdot 293^\circ\text{C}$$

$$= 1.688,79 \text{ kkal} = 7.065,911 \text{ kj}$$

Maka kalor total (Q_{tot}) = $20.051,608 \text{ kj}$

Setelah dilakukan perhiungan banyaknya laju aliran kalor yang terbuang dalam proses peleburan ini adalah :

$$q_{tot} = q_1 + q_2 + q_3$$

$$= (2.052,41 + 1.330,39 + 353,129) \text{ kJ/jam}$$

$$= 3.735,929 \text{ kj/jam}$$

Setelah dilakukan pengujian waktu yang dibutuhkan untuk meleburkan 1 kg aluminium padat menjadi cair adalah 18 menit.

Dengan demikian didapatnya waktu peleburan maka banyaknya kalor yang terbuang selama proses peleburan dapat diperoleh dengan :

$$Q_{t2} = q_t \cdot t = 3.735,929 \text{ kJ/jam} \times 0,3 \text{ jam} \\ = 1.120,77 \text{ kJ}$$

Bahan bakar yang dipakai dalam proses peleburan ini adalah gas LPG. Bahan bakar ini termasuk bahan bakar gas yang mempunyai nilai pembakaran tinggi (HHV) yaitu 50400 kJ/kg.

Maka jumlah bahan bakar yang dibutuhkan adalah perbandingan dari jumlah kalor yang terserap dan jumlah keseluruhan laju aliran kalor dengan jumlah kandungan energi per massa bahan bakar (HHV) yaitu :

$$m_{bb} = \frac{Q_{t1} + Q_{t2}}{HHV} \\ m_{bb} = \frac{20.051,608 \text{ kJ} + 1.120,77 \text{ kJ}}{50400 \text{ kJ/kg}}$$

$m_{bb} = 0,42 \text{ kg}$ Maka kebutuhan bahan bakar untuk melebur satu kilogram aluminium pada dapur lebur yang memakai sekat adalah sebesar 0,42 kg

2) Pemakaian bahan bakar dapur tanpa sekat

Setelah dilakukan pengujian pada dapur lebur tanpa sekat, untuk meleburkan 1 kg aluminium dibutuhkan waktu 25 menit.

Karena tidak adanya sekat, kalor yang diserap (Q_2') dan kalor yang terbuang (q_1') oleh dinding dalam mengalami perubahan.

Perubahan ini terjadi karena bertambahnya dimensi dari tinggi dinding dalam yang menerima panas. Maka :

$$Q_2' = 22.930,32 \text{ kJ}$$

Dan $q_1' = 4.941,11 \text{ kJ/jam}$.

Sehingga didapat total kalor yang diserap (Q_{t1}') = 31.912,738 kJ dan $q_t' = 6.624,29$.

Dengan demikian banyaknya kalor yang terbuang selama peleburan (Q_{t2}')

$$Q_{t2}' = 6.624,29 \cdot 25/60 \\ = 2.760,12 \text{ kJ}$$

Maka jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk meleburkan aluminium 1 kg pada dapur lebur tanpa sekat (m_{bb}')

$$\begin{aligned}
 m_{bb}' &= \frac{Q_{t1}' + Q_{t2}'}{HHV} \\
 &= \frac{31.912,738 + 2.760,12}{50.400} \\
 &= 0,68 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4 Kesimpulan

1. Jenis dapur yang digunakan adalah dapur pelebur jenis krusibel dengan sumber api yang berasal dari GAS LPG
2. Kapasitas peleburan adalah 2,82 kg
3. Cawan lebur
 - Tinggi cawan : 110 mm
 - Diameter cawan : 110 mm
 - Tebal cawan : 3 mm
4. Jenis semen tahan api yang digunakan adalah semen tahan api C 16
5. Pebandingan dapur lebur memakai sekat dan tanpa sekat penutup

	Dapur lebur memakai sekat penutup	Dapur Lebur tanpa sekat penutup
Waktu pengujian untuk meleburkan 1 kg aluminium	18 menit	25 menit
Bahan bakar yang digunakan	0,42 kg	0,68 kg
Jumlah panas yang diserap	20.051,608 kj	31.912,738 kj
Jumlah laju aliran panas yang terbuang	3.735,929 kj/jam	6.624,29 kj/jm

Referensi

- [1] Groover, M. P., 2010, Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and systems, 4th edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, United States.
- [2] Faisal, Muhammad yusuf, Rancang Bangun Dapur Peleburan Logam Nonferrous berbahan bakar Gas Sebagai Sarana Pembelajaran di Laboratorium Teknik Manufaktur, Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016, 2016

- [3] Ginting, Bramanta., 2008, Rancangan Dapur Pelebur Untuk Melebur Aluminium Dan Paduannya Kapasitas 30kg ,USU Repository.