

# SIMULASI DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA TUNGKU PELEBURAN ALUMINIUM DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK SIMULATION MECHANICAL 2016

Helena Astari <sup>(1)</sup>, Irsyadi Yani <sup>\*(1)</sup>, Nukman<sup>(1)</sup>, Amir Arifin<sup>(1)</sup>

dan Firdaus MS <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Teknik Mesin Universitas Sriwijaya

<sup>(\*)</sup>E-mail Corresponding Author : [irsyadiyahani@ft.unsri.ac.id](mailto:irsyadiyahani@ft.unsri.ac.id)

## Abstrak

Sebagai salah satu bagian dari tungku peleburan, krusibel mempunyai peran yang penting. Krusibel pada sebuah tungku peleburan berfungsi sebagai wadah material yang akan dilebur. Material krusibel harus memiliki nilai titik lebur yang lebih tinggi dari pada aluminium. Kerusakan pada krusibel sering kali terjadi pada saat peleburan berlangsung, hal ini disebabkan temperatur pembakaran yang melebihi titik lebur dari material krusibel. Kerusakan yang sering terjadi pada krusibel tungku peleburan menyebabkan perlunya simulasi distribusi temperatur untuk menentukan material yang tepat digunakan pada krusibel. Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Autodesk Mechanical Simulation 2016. Data-data yang diperlukan untuk melakukan simulasi ini adalah dimensi tungku peleburan, sifat mekanik material, dan data proses peleburan. Simulasi dimulai pertama kali dengan membuat model tungku peleburan aluminium. Data yang diinput pada perangkat lunak Autodesk Mechanical Simulation adalah data material pada tungku, serta data temperatur saat peleburan. Hasil dari simulasi ini adalah berupa grafik distribusi temperatur.

**Kata Kunci:** Metode Elemen Hingga, Krusibel, Distribusi Temperatur.

## 1 PENDAHULUAN

Limbah merupakan buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun rumah tangga yang dapat membahayakan lingkungan. Dalam peraturan pemerintah No.18 [1] tentang pengolahan limbah bahan berbahaya dan beracun pasal 1 poin ke-2 : Limbah bahan berbahaya dan beracun, disingkat limbah B3 adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasi dan/atau jumlahnya, baik secara langsung, maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya.

Penanganan limbah ini sebelumnya sudah diatur oleh kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia melalui sebuah Peraturan Negara Menteri Lingkungan Hidup No.13 [2] pasal 1 poin ke-1: Kegiatan *reduce*, *reuse*, dan *recycle* atau batasi sampah, guna ulang sampah dan daur ulang sampah yang selanjutnya disebut Kegiatan 3R adalah segala aktivitas yang mampu mengurangi segala sesuatu yang dapat menimbulkan sampah, kegiatan penggunaan kembali sampah yang layak pakai untuk fungsi yang sama atau fungsi yang lain, dan kegiatan mengolah sampah untuk dijadikan produk baru.

Aluminium merupakan limbah yang banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Aluminium adalah logam ringan yang dipakai secara luas, bukan saja hanya untuk keperluan rumah tangga tetapi untuk keperluan bahan pesawat terbang, mobil, kapal laut dan konstruksi. Aluminium dan aluminium paduan tidak terlalu sulit dilebur karena suhu lelehnya rendah yaitu 660°C. Sebab itu, pengecoran aluminium banyak diaplikasikan di industri baik skala kecil, sedang, maupun besar [3].

Seiring dengan bertambahnya kemajuan teknologi, limbah-limbah yang dihasilkan dari penggunaan aluminium dapat di daur ulang. Metode pendauran ulang yang paling sering digunakan adalah metode pengecoran/peleburan (*casting*). Pada proses peleburan, logam dipanasi hingga melampaui titik cair logam kemudian dilanjutkan dengan proses penuangan. Salah satu sistem pembakaran untuk peleburan aluminium yang sering digunakan yaitu secara langsung, dimana semburan api diarahkan ke aluminium bekas yang berada dalam tungku ber dinding semen tahan api. Dengan sistem pembakaran ini, sebagian besar kotoran yang menempel pada permukaan logam akan terbakar. Selain itu, beberapa unsur kimia telah terbakar, sehingga menaikkan kemurnian logam [4].

Tungku adalah peralatan yang digunakan untuk melelehkan muatan logam untuk pengecoran atau

bahan panas untuk mengubah bentuknya misalnya rolling, tempa atau sifat perlakuan panas [5]. Peleburan aluminium skala kecil dan sedang biasanya dilakukan dengan tungku krusibel. Ciri khas tungku krusibel adalah digunakannya wadah untuk menempatkan logam yang akan di lebur. Wadah tersebut berbentuk krus yaitu menyerupai pot yang diameter atasnya lebih lebar sehingga disebut krusibel atau dikenal sebagai kowi. Tungku ini dibedakan menurut jenis bahan bakar yang digunakan yaitu, kokas atau arang, minyak dan gas. Sedangkan berdasar konstruksinya tungku dibedakan menjadi tungku dengan kowi tidak tetap, tungku dengan kowi tetap dan tungku tukik [3].

Pada tungku peleburan aluminium, kowi/krusibel merupakan tempat atau wadah yang digunakan untuk menempatkan aluminium di dalamnya. Material pada sebuah krusibel harus mempunyai nilai titik lebur yang lebih tinggi dari material yang akan dilebur. Pada sebuah peleburan aluminium sering terjadi kerusakan pada krusibel akibat temperatur pembakaran yang melebihi titik lebur dari material krusibel itu sendiri. Pemilihan material krusibel ini sangat penting karena mempengaruhi lama penggunaan krusibel tersebut untuk proses peleburan. Adapun tungku peleburan akan dilakukan dengan metode pembakaran pancaran api langsung mengenai material aluminium bekas pada tungku krusibel. Studi tentang distribusi temperatur pada tungku peleburan ini sangatlah penting agar dapat diketahui grafik distribusi temperatur, material krusibel yang lebih tepat digunakan dan waktu temperatur mencapai steady saat peleburan berlangsung pada tungku.

Dapur krusibel digunakan untuk peleburan logam non-besi seperti perunggu, kuning, paduan seng, dan aluminium. Kapasitas dapur umumnya terbatas hanya beberapa ratus pound saja [6].

Terdapat 3 (tiga) jenis dapur krusibel yang biasa dipakai dapat dilihat pada gambar 1 [6]:

1. Krusibel angkat

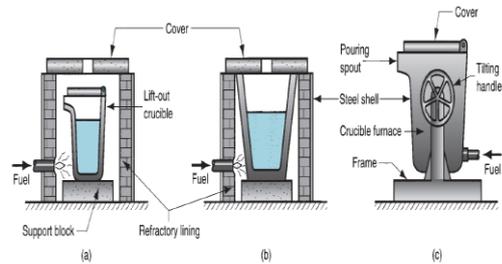
Krusibel ditempatkan dalam dapur dan dipanaskan hingga logam mencair. Sebagai bahan bakar digunakan minyak dan gas. Bila logam telah melebur, krusibel diangkat dari dapur dan digunakan sebagai label penuangan.

2. Dapur pot tetap

Dapur tidak dapat dipindah, logam cair diambil dari kontainer dengan ladle.

3. Dapur tukik

Dapur dapat ditukik untuk menuangkan logam yang sudah melebur.



Gambar 1 Tiga Jenis Tungku Krusibel [6].

Menurut [7] tungku krusibel sering digunakan dalam peleburan disebabkan :

1. Sederhana dan Kuat
2. Tersedia dengan rentang ukuran yang banyak
3. Tersedia dengan dua jenis, tetap (*fixed*) maupun bisa dimiringkan (*tilting*)
4. Cocok digunakan untuk pemanasan dengan bahan bakar yang berbeda
5. Rugi-rugi lehan rendah
6. Relatif tidak mahal

Krusibel biasanya terbuat dengan grafit-tanah liat (dilekatkan dengan tanah liat) atau Silikon karbida (dilekatkan dengan karbon atau resin). krusibel yang terbuat dari grafit tanah liat terdiri dari grafit special dengan tanah liat sebagai perantara pelekatnya. Tanah liat membentuk semacam ikatan keramik, dimana biasanya silikon karbida ditambahkan untuk meningkatkan ketahanan terhadap beban kejut secara termal. Grafit memiliki konduktivitas termal maupun elektrik dan ketahanan terhadap basah yang diakibatkan logam lelehan ataupun garam. Krusibel dilapisi dengan semacam zat kaca sebagai pencegahan oksidasi yang akan dialami grafit [7].

Krusibel silikon karbida terdiri dari silikon karbida dan grafit spesial. Wadah ini dilekatkan secara karbon menggunakan tar atau resin. Wadah ini dilapisi zat semacam kaca untuk meningkatkan ketahanan terhadap oksidasi. Krusibel silikon karbida memiliki harga yang lebih mahal dibandingkan dengan krusibel grafit-tanah liat, namun memiliki umur pakai yang lebih lama. Umur pakainya krusibel bisa ditingkatkan dengan metode manufacture yang lebih baik, dan biasanya penggunaannya di dalam tungku sebagai tempat penahan, dimana biasanya umur pemakaian krusibel selama 12 bulan atau lebih jika digunakan secara baik dan hati-hati [7].

2 METODOLOGI

DATA TUNGKU PELEBURAN

Tabel 1. Properties bahan baku Aluminium (*non Pure*)

<i>Solidus temperature (K)</i>	933
<i>Density (kg/m<sup>3</sup>)</i>	2700

<b>Thermal Conductivity (W/mK)</b>	K=237
<b>Specific Heat (kJ/kg<sup>0</sup>K)</b>	Cp= 897 J/kg- K
<b>Melting heat (j/kg)</b>	400000

**Tabel 2.** Properties High Alumina Brick

<b>Max service temperature (°C)</b>	<b>1550</b>
<b>Bulk Density (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2,4
<b>Crushing Strength (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	500

**Tabel 3.** Properties Kowi

	<i>Graphite</i>	<i>silicon carbide</i>
<b>Max service temperature (K)</b>	2850	970
<b>Density (mg/m<sup>3</sup>)</b>	1.61	4.36
<b>Specific Heat (J/kg.K)</b>	697	510

**Tabel 4.** Dimensi

Plat baja	Batu tahan api	Krusibel	Tutup
<b>Diameter luar = 0.6 m</b>	Diameter luar = 0.58 m	Diameter luar = 0.3 m	Diameter luar = 0.6 m
<b>Tebal = 2 mm</b>	Tebal = 0.05 m	Tebal = 0.03 m	Tinggi = 0.1 m
<b>Tinggi = 0.6 m</b>	Tinggi = 0.59 m	Tinggi = 0.3 m	Diameter lubang pembuangan uap panas = 0.1 m
	Tebal alas = 0.1m	Tebal alas = 0.03 m	

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

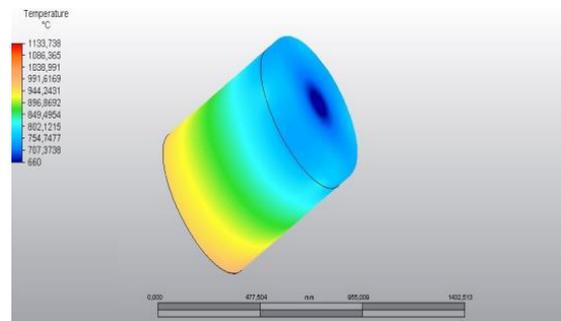
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan suhu kowi yang dihasilkan antara material *Graphite* dan *silicon carbide*. Penyelesaian model matematika pada *gas flow* dan *heat transfer* pada *heat treatment furnace* dilakukan dengan menggunakan *software Autodesk Simulation Mechanical*. *Autodesk Simulation Mechanical* pada perhitungan *steady state-heat transfer* merupakan

metode penghitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap-tiap elemen pembagiannya.

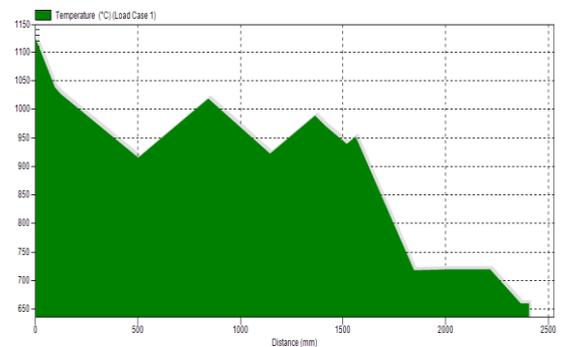
Kondisi steady state digunakan dalam simulasi ini. Pada pemodelan pembakaran digunakan oli sebagai bahan bakar. Kontur suhu diplot untuk merinci simulasi tungku pembakaran gas selama proses perlakuan panas. Pada proses pemodelan geometri furnace menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor 2016*. Setelah pembuatan desain *furnace* pada perangkat lunak *Autodesk Inventor 2016*, data desain di ekspor pada *software Autodesk Simulation Mechanical 2018*.

#### 1. Hasil Simulasi dengan Material graphite pada Krusibel

Hasil distribusi temperatur yang telah di simulasikan menunjukkan peningkatan suhu selama pembakaran berlangsung. Seperti yang terlihat pada gambar 2.



**Gambar 2** Tungku dengan Krusibel Material Graphite.



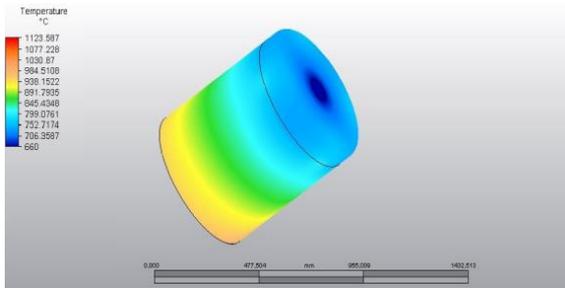
**Gambar 3** Grafik Distribusi Temperatur Krusibel dengan Material Graphite.

Hasil dari simulasi pada tungku peleburan gambar 3 menunjukkan distribusi temperatur dari inlet (Krusibel) menuju outlet (Plat baja) , seperti yang dijelaskan oleh hukum kedua termodinamika yaitu perpindahan panas terjadi dari tempat bertemperatur tinggi (inlet) ke tempat bertemperatur rendah (outlet). Maksimum temperatur pada tungku dengan krusibel material graphite yakni sebesar 1125°C, temperatur menurun semakin drastis ketika menuju outlet yaitu mendekati nilai 670°C.

#### 2. Hasil Simulasi dengan Material Silicon Carbide

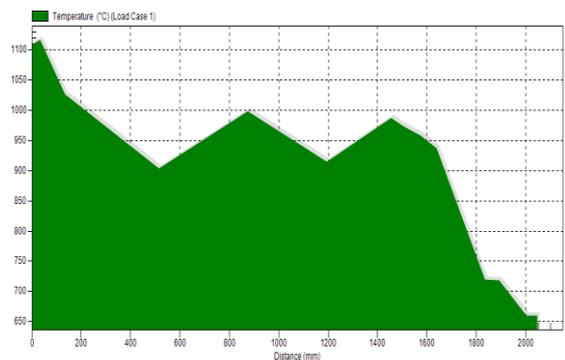
Setelah hasil simulasi dengan menggunakan material baja karbon pada krusibel, lakukan simulasi yang

sama dengan menggunakan material *silicon carbide* pada krusibel seperti yang terlihat pada gambar 3.



**Gambar 4** Krusibel dengan Material *Silicon Carbide*

Hasil dari simulasi pada gambar 4 dapat dilihat bahwa kenaikan temperatur saat simulasi berlangsung. Distribusi temperatur dari inlet (Krusibel) menuju outlet (Plat baja) dengan maksimum temperatur pada tungku dengan krusibel material *Silicon Carbide* yakni sebesar 1100°C, temperatur menurun semakin drastis ketika menuju outlet yaitu mendekati nilai 680°C yang terlihat pada gambar 5.



**Gambar 5** Grafik Distribusi Temperatur Krusibel dengan Material *Silicon Carbide*

#### 4 KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah

1. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan didapat bahwa material *graphite* dan *silicon carbide* dapat digunakan untuk krusibel tungku peleburan aluminium karena dari hasil simulasi kedua material ini dapat memiliki temperatur maksimum melebihi temperatur lebur aluminium.
2. Berdasarkan dari hasil simulasi didapat bahwa *range temperature* pada krusibel dengan material *graphite* lebih tinggi dengan nilai 896°-991 °C dibandingkan dengan krusibel material *silicon carbide* yang memiliki nilai 845°-938 °C.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada Bengkel Pengecoran Rakyat Joko Santoso dan Pengecoran Jatmiko yang telah berkenan meluangkan waktu untuk diskusi. Karya ilmiah ini merupakan bagian dari penelitian Profesi Tahun 2017 Universitas Sriwijaya dengan nomor: 987/UN9.3.1/PP/2017, tanggal 21 July 2017.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 18 tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun [Http://Jdih.pom.go.id/](http://jdih.pom.go.id/).
- [2] Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2012 Tentang Pedoman Pelaksanaan *Reduce, Reuse, dan Recycle* Melalui Bank Sampah [Http://Jdih.Menlh.Go.Id/](http://jdih.menlh.go.id/).
- [3] Tiwan, S, A. L. & Mujiono 2017. Tungku Krusibel dengan Economizer untuk Praktik Pengecoran di Jurusan Pendidikan Teknik Mesin FT UNY. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 2, 21-27.
- [4] Nukman, Agung, M. & Irsyadi, Y. 2015. Peleburan Skrap Aluminium Pada Tungku Krusibel Berbahan Bakar Batu Bara Hasil Proses Aglomerasi Air-Minyak Sawit. *Jurnal Mechanical*, 6, 6-14.
- [5] Seidu, S. O. & Onigbajumo, A. Melting Support Simulation Program Adapted From Mass and Thermal Analysis of a Locally Designed Crucible Furnace. In: Oguntunde, P. G. & Ayodeji, S. P., eds. Proceeding of the 2017 Annual Conference of the School of Engineering & Engineering Technology (SEET), 11-13 July 2017 Nigeria. 293-306.
- [6] Groover, Y. A. & Ghajar, A. J. 2015. *Heat and Mass Transfer, 10<sup>th</sup> ed*, New York McGraw-Hill.
- [7] Brown, J. R. 1999. *Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook, 11<sup>th</sup> ed*, London, Pergamon Press Plc