

## RANCANG BANGUN DAPUR CRUCIBLE TIPE PENUANGAN TUNGKIK KAPASITAS 15 KG DENGAN BAHAN BAKAR GAS LPG

Ipung Kurniawan<sup>1</sup>, Bayu Aji Girawan<sup>2</sup>, Saeful Nurrohman<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Program Studi Teknik Mesin - Politeknik Negeri Cilacap

### Abstrak

**Kata Kunci:**

*Dapur Crucible,  
Aluminium,  
Komposisi Kimia.*

*Penelitian ini bertujuan; 1) Merancang dan membuat dapur crucible peleburan aluminium kapasitas 15 kg; 2) Melakukan pengujian komposisi kimia hasil peleburan pertama dan kedua. Studi lapangan dan kajian pustaka digunakan dalam metode penelitian ini. Hasil dari rancangan didapatkan dimensi dapur peleburan; diameter 457 mm, tebal 3 mm, tinggi 410 mm. Sedangkan untuk cawan lebur berdimensi; diameter 178 mm, tebal 8 mm, tinggi 230 mm. Hasil pengujian komposisi kimia peleburan pertama dan kedua tidak ada perubahan yang signifikan. Material hasil peleburan pertama masih mengandung aluminium (Al) 89,52% sedangkan paduan utamanya adalah seng (Zn) 7,71% dan Silikon (Si) 1,84% dan pada peleburan kedua masih mengandung aluminium (Al) 89,55% sedangkan paduan utamanya adalah seng (Zn) 7,51% dan Silikon (Si) 1,94%.*

### Abstract

**Keywords:**

*Crucible Casting,  
Aluminium, Chemical  
Composition*

*This research aims to; 1) Designing and making aluminium melting crucible casting with the capacity 15 kg; 2) Conducting the test of chemical composition of the first and second melting result. The research used field and library research. From the result of the design, it could be obtained that the dimension of melting casting has 457 mm diameter, 3 mm thick, 410 mm high. Whereas, molten cup has 178 mm diameter, 8 mm thick, and 230 mm high. The result of the first melting chemical composition test and the second one do not work out a significant change. The material of the first melting result still contains 89,52% of aluminium (Al), while the main fusion is 7,71% of zinc (Zn) and 1,84% of silicon (Si), and in the second melting result still contains 89,55% of Aluminium (Al), while the main fusion is 7,51% of zinc (Zn) and 1,94% of silicon (Si).*

Alamat korespondensi

E-mail : [ipunk.k.poltec@gmail.com](mailto:ipunk.k.poltec@gmail.com)

ISSN : 2087 – 1627

## PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Perkembangan industri peleburan dan pengecoran logam di Indonesia khususnya provinsi Jawa Tengah saat ini sangat rendah. Padahal Indonesia berpotensi menjadi salah satu pasar terbesar di dunia. Industri pengecoran logam berskala kecil banyak yang terkendala perkembangannya, hal ini disebabkan oleh dapur peleburan logam yang tersedia di pasaran sangat mahal harganya dan susah untuk didapatkan karena harus diimpor dari luar negeri. Pemilihan tungku peleburan yang akan digunakan untuk mencairkan logam harus sesuai dengan bahan baku yang akan dilebur. Paduan aluminium, paduan tembaga, paduan timah hitam, dan paduan ringan lainnya biasanya dilebur dengan menggunakan tungku peleburan jenis *crucible*, sedangkan untuk besi cor menggunakan tungku induksi frekwensi rendah atau kupola. Tungku induksi frekwensi tinggi biasanya digunakan untuk melebur baja dan material tahan temperatur tinggi<sup>[1]</sup>.

Jenis dan klasifikasi dapur peleburan yang saat ini berkembang diantaranya adalah dapur krusibel, dapur kupola, dapur busur listrik, dapur induksi, dapur konverter, dan dapur Thomas dan Bessemer. Bahan bakar yang digunakan juga beragam diantaranya batu bara, bahan bakar minyak, listrik, arang, bahkan bahan bakar berbentuk gas<sup>[2]</sup>. Faktor-faktor pemilihan tungku antara lain seperti jenis logam yang akan dicor, desain temperatur lebur dan temperatur penuangan, kemampuan atau kapasitas tungku yang mampu dilebur, biaya operasi yang dibutuhkan, kemudahan pengoperasian, kemudahan perawatan, dan polusi terhadap lingkungan<sup>[3]</sup>.

Untuk menjawab permasalahan diatas diperlukan suatu perancangan dan pembuatan dapur peleburan yang sederhana, mudah dibuat, mudah dipindah-pindahkan (*portable*) dan yang tidak kalah pentingnya yaitu harga terjangkau oleh industri-industri berskala rumah tangga. Dapur peleburan logam hasil perancangan dan pembuatan tersebut akan memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah efisiensi bahan bakarnya karena menggunakan bahan bakar gas (LPG) dan temperatur ruang bakar yang mencapai 1000 °C karena konstruksi dapur menggunakan isolasi panas bata tahan api. Untuk itu, perlu mendapatkan sebuah rancangan dapur peleburan aluminium yang relatif murah dengan menggunakan bahan bakar gas (LPG).

### 2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini diantaranya adalah;

- 1) Merancang dan membuat dapur *crucible* untuk peleburan aluminium berkapasitas 15 kg,
- 2) Melakukan pengujian komposisi kimia hasil peleburan pertama dan kedua.

### 3. Tinjauan Pustaka

Mubarak dan Akhyar<sup>[4]</sup>, telah merancang dan membuat tungku peleburan logam dengan menggunakan bahan bakar gas LPG, dalam penelitian tersebut di lakukan pengujian lebur

aluminium bekas. Hasil yang diperoleh adalah logam aluminium dapat melebur, akan tetapi logam aluminium bekas tersebut saat dileburkan tidak mencair secara sempurna. Masih terdapat fasa pada diantara fasa cair serta untuk mencairkan aluminium dengan *melting point* sekitar 660 °C membutuhkan waktu antara 2 sampai 3 jam.

Arianto L.S, dkk.<sup>[5]</sup> telah merancang dan membuat tungku peleburan aluminium dengan menambahkan *economizer* sebagai inovasi. Pada perancangannya saluran buang pada tungku berdiameter sama dengan saluran masuk. Saluran dibuat memanjang dan berbelok berfungsi sebagai *economizer* yang mampu meningkatkan suhu dalam tungku dan meningkatkan efisiensi proses peleburan. Aluminium 11,78 kg dicairkan oleh tungku dengan *economizer* dalam 60 menit dan membutuhkan 2,6 kg gas LPG, sedang tungku tanpa *economizer* membutuhkan 3,1 kg gas LPG dan waktu 80 menit.

Aluminium merupakan material yang luas penggunaannya. Hal ini disebabkan karena Aluminium mempunyai sifat yang istimewa dibandingkan dengan logam lainnya. Diantara kelebihan Aluminium adalah: ringan, ulet, kuat, ketahanan korosi tinggi serta mempunyai konduktivitas panas dan daya hantar panas yang baik.

Tabel 1 Sifat fisik Al<sup>[6]</sup>

Element	Symbol	Atomic weight	Melting point (°C)	Boiling Point (°C)
Aluminium	Al	26.97	660.4	2520
Latent heat of fusion		Mean specific heat 0-100°C		Thermal conductivity
(kJ/kg)	(cal/g)	(kJ/kg.K)	(cal/g°C)	(W/m.K)
386.8	92.4	0.917	0.219	238
Resistivity (μohm.cm at 200C)	Vol. change on melting (%)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Coeff. Of expansion (x10 <sup>-6</sup> /K)	Brinell hardness no.
2.67	6.6	2.70	23.5	17

Aluminium memiliki ketahanan terhadap korosi yang baik pada beberapa kondisi lingkungan karena permukaan aluminium mampu membentuk lapisan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) bila bereaksi dengan oksigen. Struktur kristal yang dimiliki aluminium adalah struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*), sehingga aluminium tetap ulet meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Keuletan yang tinggi dari aluminium menyebabkan logam tersebut mudah dibentuk atau mempunyai sifat mampu bentuk yang baik.

Seperti logam murni lainnya, aluminium memiliki kekuatan yang rendah dan tidak dapat langsung diaplikasikan karena ketahanan deformasi dan patahnya kurang tinggi. Oleh karena itu perlu adanya penambahan elemen lain ke dalam aluminium. Sifat aluminium tergantung dari interaksi komposisi kimia dan struktur mikro yang berkembang selama solidifikasi, perlakuan panas, dan proses deformasi (untuk produk tempa)<sup>[7]</sup>.

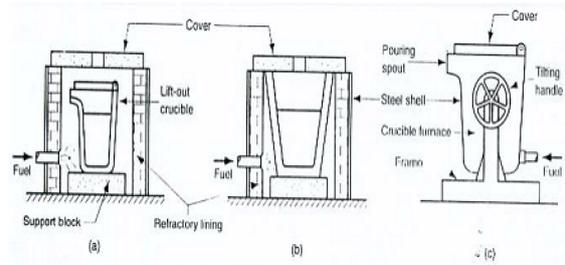
Gas LPG merupakan bahan bakar gas yang di cairkan (*Liquified petroleum gas*), merupakan produk

minyak bumi yang diperoleh dari proses distilasi bertekanan tinggi. Fraksi yang digunakan sebagai umpan dapat berasal dari beberapa sumber yaitu gas alam maupun gas hasil dari pengolahan minyak bumi. utama LPG terdiri dari Hidrokarbon ringan berupa propana ( $C_3H_8$ ) dan Butana ( $C_4H_{10}$ ), serta sejumlah kecil Etana ( $C_2H_6$ ), dan Pentana ( $C_5H_{12}$ ), LPG digunakan sebagai bahan bakar untuk rumah tangga dan industri. LPG terutama digunakan oleh masyarakat tingkat menengah keatas yang kebutuhan semakin meningkat dari tahun ketahun karena termasuk bahan bakar yang ramah lingkungan. Sebagai bahan bakar untuk keperluan rumah tangga, LPG harus memenuhi beberapa persyaratan khusus dengan tujuan agar aman dipakai dalam arti tidak membahayakan bagi sipemakai dan tidak merusak peralatan yang digunakan serta efisien dalam pemakaian. Oleh sebab itu untuk menjaga faktor keselamatan, LPG dimasukan ke dalam tabung yang tahan terhadap tekanan yang terbuat dari besi baja dan dilengkapi dengan suatu pengatur tekanan, disamping itu untuk mendeteksi terjadi kebocoran LPG, maka LPG sebelum dipasarkan terlebih dahulu ditambah zat pembau (odor) sehingga apabila terjadi kebocoran segera diketahui<sup>[8]</sup>.

Dapur adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk mencairkan logam pada proses pengecoran (*casting*) atau untuk memanaskan bahan dalam proses perlakuan panas (*heat Treatment*). Karena gas buang dari bahan bakar berkontak langsung dengan bahan baku, maka jenis bahan bakar yang dipilih menjadi penting. Sebagai contoh, beberapa bahan tidak akan mentolerir sulfur dalam bahan bakar. Bahan bakar padat akan menghasilkan bahan partikulat yang akan mengganggu bahan baku yang ditempatkan didalam dapur<sup>[1]</sup>.

Idealnya dapur harus memanaskan bahan sebanyak mungkin sampai mencapai suhu yang seragam dengan bahan bakar dan tenaga kerja sesedikit mungkin. Kunci dari operasi dapur yang efisien terletak pada pembakaran bahan bakar yang sempurna dengan udara berlebih yang minimum. Dapur beroperasi dengan efisiensi yang relatif rendah (dibawah 70 %) dibandingkan dengan peralatan pembakaran lainnya seperti boiler (dengan efisiensi lebih dari 90 %). Hal ini disebabkan oleh suhu operasi yang tinggi didalam dapur. Sebagai contoh, sebuah dapur yang memanaskan bahan sampai suhu 1200 °C akan mengemisikan gas buang pada suhu 1200 °C atau lebih yang mengakibatkan kehilangan panas yang cukup signifikan<sup>[1]</sup>.

Dapur ini melebur logam tanpa berhubungan langsung dengan bahan pembakaran (*indirect fuel-fired furnace*).



**Gambar 1 Tiga jenis dapur *Crusible***

Dalam gambar 1 ditunjukkan tiga jenis dapur krusibel yang biasa digunakan :

- Krusibel angkat (*lift-out krusibel*),
- Pot tetap (*stationary pot*),
- Dapur tukik (*tilting-pot furnace*).

## METODOLOGI PENELITIAN

Dalam menyelesaikan penelitian ini, metode yang dilakukan adalah pengamatan lapangan terhadap dapur peleburan aluminium pada industri rumah tangga dan dilakukan kajian pustaka sebagai bahan pertimbangan untuk melihat kemungkinan dilakukan perbaikan-perbaikan. Aluminium hasil peleburan diperoleh dari limbah aluminium bekas yang didapat dari pengepul. Proses pembuatan dapur peleburan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Cilacap. Sedangkan pengujian komposisi kimia hasil peleburan aluminium dilakukan di Laboratorium Pengujian Logam Politeknik Manufaktur Ceper.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perancangan

Perancangan merupakan suatu kegiatan awal dari suatu rangkaian kegiatan dalam proses pembuatan produk. Dalam pembuatan produk sangat diperlukan suatu gambaran yang digunakan untuk dasar-dasar dalam melangkah atau bekerja. Gambaran ini dapat disajikan dalam bentuk diagram alir sebagai metode dalam perencanaan dan perancangan. Metode perencanaan dan perancangan memodifikasi dan merujuk dari metode perencanaan menurut Pahl dan Beitz yang terbagi menjadi empat tahap<sup>[9]</sup>;

- Menetapkan kebutuhan
 

Tahap ini dilakukan dengan menetapkan kebutuhan produk yang akan dibuat. Langkah-langkah yang dapat dilakukan dalam menetapkan kebutuhan diantaranya adalah:

  - Melakukan analisa pasar
  - Berdasarkan permintaan konsumen
- Perancangan konsep produk
 

Tahap ini mencari alternatif fungsi dan sub fungsi dari produk, kemudian dikombinasikan menjadi konsep produk. Beberapa konsep dinilai dan dipilih menjadi satu konsep terbaik. Dalam pemilihan konsep produk digunakan metode seleksi konsep Stuart Pugh.

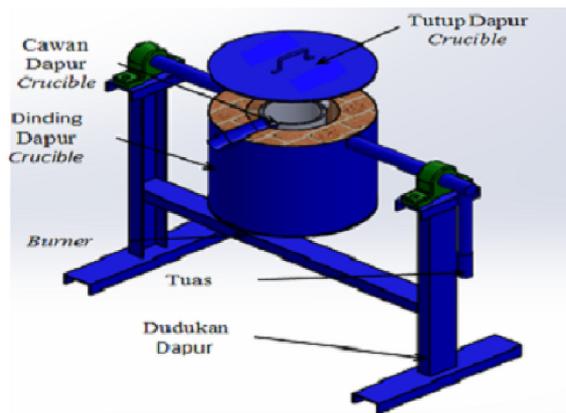
### 3. Perancangan Detail (*embodiment*)

Tahap ini menentukan nilai - nilai terukur dari konsep terbaik. Nilai - nilai didapat dari perhitungan, komputasi, analisis, empirik, standar, perbandingan, konsultasi sampai justifikasi

### 4. Dokumen pembuatan produk (*documentation*)

Tahap dokumentasi difokuskan untuk mendukung fabrikasi, yaitu :

- Gambar susunan produk
- Gambar paduan (*assembly*)
- Gambar detail komponen
- Bill of material*
- Keterangan pendukung tambahan
- Laporan tertulis



Gambar 2 desain rancangan dapur *crucible*

### Kapasitas Cawan

Pada perencanaan ini cawan lebur yang dipakai adalah pipa silinder yang terbuat dari baja karbon rendah dengan ukuran diameter 178 mm, tebal 8 mm dan tinggi 230 mm. Pada bagian atas pipa baja tersebut dibuat berlubang sedangkan bagian bawah dibuat alas atau tertutup. Kapasitas dari logam cair yang dapat ditampung di dalam cawan lebur dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut <sup>[10]</sup>:

$$W_{maks} = Vc \cdot \rho_{al}$$

Dimana:

Vc = Volume cawan

$\rho_{al}$  = Massa jenis aluminium

Sehingga didapat kapasitas cawan lebur sebesar 17,73 kg, kapasitas ini mencukupi untuk kapasitas yang direncanakan yaitu 15 kg.

### Jumlah Bata Tahan Api

Bata tahan api merupakan bahan isolator panas dari panas yang terjadi selama peleburan berlangsung. Kebutuhan jumlah bata tahan api yang diperlukan dapat dihitung menggunakan rumus berikut;

$$\text{Tipe tempat lingkaran} = \frac{\text{Tinggi dapur} \times \text{Jumlah batas tiap lapis}}{\text{Tebal bata tahan api}}$$

Dimana:

Tinggi dapur : 410 mm

Jumlah batas tiap lapis : 2 mm

Tebal bata tahan api : 50 mm

Sehingga kebutuhan bata tahan api sebesar 17 buah.

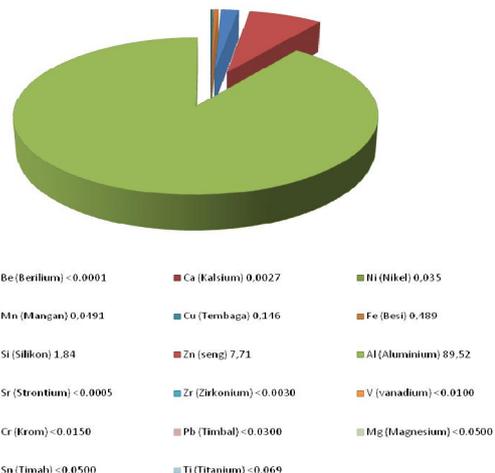
### Hasil Perancangan

Berdasarkan evaluasi hasil perancangan, maka diperoleh bentuk akhir dapur peleburan aluminium sebagai berikut:

### Hasil Uji Komposisi Kimia

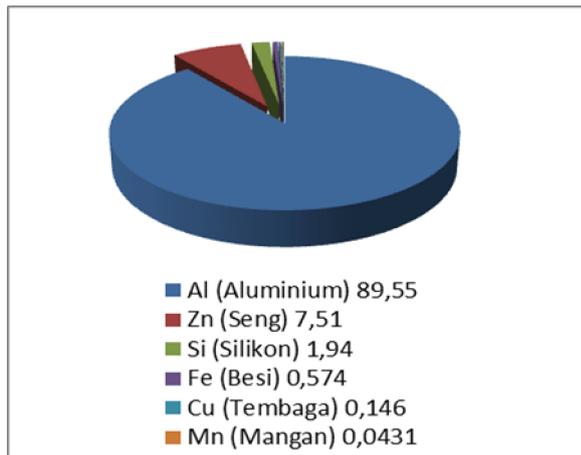
Hasil pengujian komposisi kimia pada aluminium menggunakan Dapur *Crucible* adalah sebagai berikut:

Dari Hasil pengujian dengan peleburan pertama diperoleh bahwa material uji mempunyai 17 unsur penyusun komposisi kimia dimana material tersebut adalah aluminium yang mempunyai komposisi kimia sebanyak 89,52 % berupa Al (Aluminium). Dan komposisi paduan lain yang utama adalah Seng sebanyak 7,71%. Sedangkan unsur yang lain masih sangat kecil nilainya atau hampir mendekati angka nol. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 2. Jika hasil tersebut digambarkan menjadi diagram maka gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 hasil pengujian komposisi kimia peleburan yang pertama

Jika dibandingkan dengan hasil peleburan kedua maka hasil pengujian komposisi kimia tidaklah jauh berbeda dimana dari peleburan yang ada diagram komposisi kimianya dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4** hasil pengujian komposisi kimia peleburan yang kedua

Dari kedua data yang diperoleh dari hasil pengujian yang ada dibandingkan maka dibuat tabel perbandingan:

**Tabel 2** hasil perbandingan komposisi kimia peleburan pertama dan kedua

NO	Komposisi Kimia	PELEBURAN I	PELEBURAN II	Persentase kenaikan dan penurunan jumlah komposisi kimia dalam %
		Banyaknya dalam %	Banyaknya dalam %	
1	Al (Aluminium)	89,52	89,55	naik sebanyak 0,03
2	Zn (seng)	7,71	7,51	turun sebanyak 0,20
3	Si (Silikon)	1,84	1,94	naik sebanyak 0,10
4	Fe (Besi)	0,489	0,574	naik sebanyak 0,085
5	Cu (Tembaga)	0,146	0,146	tetap
6	Mn (Mangan)	0,0491	0,0431	naik sebanyak 0,060
7	Ni (Nikel)	0,036	0,025	naik sebanyak 0,01
8	Ca (Kalsium)	0,0027	0,051	naik sebanyak 0,0483
9	Ti (Titanium)	<0,069	0,0668	turun sebanyak 0,03
10	Mg (Magnesium)	<0,0500	0,05	tetap
11	Sn (Timah)	<0,0500	0,05	tetap
12	Pb (Timbal)	<0,0300	0,05	tetap
13	Cr (Krom)	<0,0150	0,015	tetap
14	V (vanadium)	<0,0100	0,01	tetap
15	Zr (Zirkonium)	<0,0030	0,0153	naik sebanyak 0,0123
16	Sr (Strontium)	<0,0005	0,0005	tetap
17	Be (Berilium)	<0,0001	0,0001	tetap

Dari analisa komposisi kimia menunjukkan bahwa material pertama masih mengandung banyak aluminium (Al) yaitu sebesar 89,52% sedangkan pada peleburan kedua aluminium sebanyak 89,55% mengalami kenaikan sebesar 0,03% disebabkan karena pada peleburan kedua menyisakan beberapa material sisa aluminium dari peleburan pertama yang terendap pada dasar cawan dan mengeras sehingga saat *Dapur Crucible* sampai pada suhu 660° atau *melting point* aluminium yang terendap akan melebur bersama pada peleburan kedua.

Unsur paduan terbesar pada paduan aluminium ini adalah seng (Zn) sebesar 7,71% pada peleburan pertama dan seng (Zn) sebesar 7,51% pada peleburan kedua mengalami penurunan sebesar 0,20%

dikarenakan komposisi kimia seng pada peleburan kedua terlarut pada dasar cawan dan pada proses pengecoran yang dilakukan hanya mengecor bagian atas sehingga kandungan seng menurun dan berakibat pada hasil material memberi sifat memudahkan proses casting dan menaikkan kemampuan mekanis pada hasil peleburan.

Unsur paduan terbesar kedua pada paduan aluminium ini adalah silikon (Si) sebesar 1,84% pada peleburan pertama dan silikon (Si) sebesar 1,94% pada peleburan kedua mengalami kenaikan sebesar 0,10% pada dasarnya silikon mempunyai pengaruh keuntungan yaitu memudahkan proses *flow* dan *casting*, memudahkan proses *welding*, memperkecil daya lentur, mencegah perubahan suhu yang terlalu cepat dan kerugiannya adalah sulit untuk proses pemotongan dan daya rekat jelek.

Unsur paduan pada paduan aluminium ini adalah besi (Fe) sebesar 0,489% pada paduan pertama dan besi (Fe) sebesar 0,574% mengalami kenaikan sebesar 0,085% pada dasarnya besi keuntungan mencegah part menempel pada *dies* dan kerugiannya menurunkan kualitas mekanis dan menimbulkan hard spot pada hasil peleburan.

Dari hasil perbandingan peleburan kedua dan peleburan pertama juga tidak terjadi peningkatan ataupun penurunan pada unsur paduan yaitu Cu (Tembaga), Mn (Mangan), Ni (Nikel), Ca (Kalsium), Ti (Titanium), Mg (Magnesium), Sn (Timah), Pb (Timbal), Cr (Krom), V (vanadium), Zr (Zirkonium), Sr (Strontium), dan Be (Berilium).

Unsur paduan pada paduan aluminium ini adalah Mn (Mangan) sebesar 0,0491% pada paduan pertama dan Mn (Mangan) sebesar 0,0431% mengalami kenaikan sebesar 0,060% pada dasarnya Mangan (Mn) mempunyai keuntungan tahan temperatur tinggi memperkecil kerusakan akibat Fe dan kerugian unsur ini adalah daya serap panas berkurang dan menimbulkan *hard spot*.

Unsur paduan pada paduan aluminium ini adalah Ni (Nikel) sebesar 0,035% pada paduan pertama dan Ni (Nikel) sebesar 0,025% mengalami kenaikan sebesar 0,001% pada dasarnya Nikel mempunyai keuntungan tahan temperatur tinggi dan menurunkan jumlah kerusakan Fe beserta kerugian melemahkan daya gigitan pada hasil peleburan.

Unsur paduan pada paduan aluminium ini adalah Ca (Kalsium) sebesar 0,0027% pada paduan pertama dan Ca (Kalsium) sebesar 0,051% mengalami kenaikan sebesar 0,0483% pada dasarnya Ca (Kalsium) memperbaiki mampu mesin, menyebabkan cacat pada paduan pengerjaan panas, menimbulkan *hot crack* (retak) dan meningkatkan mampu mesin.

Dari kedua peleburan diketahui adanya kehilangan unsur karena proses peleburan (*melting*) kedua nilai kekerasannya meningkat lebih baik. Sedangkan seperti diketahui aluminium hasil pengecoran menggunakan unsur paduan utamanya menggunakan Seng (Zn) diketahui umumnya akan meningkatkan sifat-sifat mekanik pada perlakuan

panas, juga kemampuan mesin. Akan tetapi efek merugikan seng lainnya adalah menurunkan kemampuan cor, meningkatkan kecenderungan terjadinya *stress corrosion cracking*, *shrinkage*, dan retak karena panas.

#### KESIMPULAN

1. Perancangan dapur crucible adalah sebagai berikut:
  - a. Dimensi dapur:
    - Diameter dinding luar : 457 mm
    - Tebal dinding luar : 3 mm
    - Tinggi dapur : 410 mm
  - b. Cawan lebur:
    - Diameter cawan : 178 mm
    - Tebal cawan : 8 mm
    - Tinggi cawan : 230 mm
2. Dari analisa pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa material pertama masih mengandung aluminium (Al) 89,52% sedangkan paduan utamanya adalah seng (Zn) 7,71% dan Silikon (Si) 1,84% dan pada peleburan kedua masih mengandung aluminium (Al) 89,55% sedangkan paduan utamanya adalah seng (Zn) 7,51% dan Silikon (Si) 1,94% .

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akuan, A., 2009. “Tungku Peleburan Logam”, Universitas Jendral Ahmad Yani, Bandung.
- [2] Sudjana, H., 2008, Teknik Pengecoran Logam, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
- [3] Hill, R., C., 1979, “Design, Construction and Performance of Stick-Wood Fire Furnace for Residential and Commercial Application” University of Maine Orono, Maine, pp. 1- 7.
- [4] Mubarak, A., Z., dan Akhyar, 2013, "Perancangan dan Pembuatan Dapur Peleburan Logam dengan Menggunakan Bahan Bakar Gas (LPG)" Jurnal Teknik Mesin Unsyiah, Vol. 1, No. 3 Juni 2013 pp. 128-132.
- [5] Arianto, L.S. Dkk, 2014, “Tungku Pelebur Alumunium Dengan Economizer” Universitas Negeri Yogyakarta.
- [6] John R. Brown,. 1994, *Feseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook* Eleventh edition Revised and edited.
- [7] Totten, George. E, 1999, *Handbook of Aluminium*, Vol. 1, Marcel Dekker, New York, Bassel.
- [8] Inayah Fatwa Kurnia Dewi, 2009, “Pemanfaatan Gas” Universitas Indonesia, Jakarta.
- [9] Darmawan, H, 2004. Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk). Bandung.
- [10] Suhandri E., 2011, “Rancang Bangun Dapur Peleburan Alumunium Bahan Bakar Gas”, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.