



# PERANCANGAN DAPUR BUSUR LISTRIK SKALA LABORATORIUM DENGAN DAYA MAKSIMAL 6,6 KW DAN KAPASITAS TUNGKU PELEBURAN MAKSIMAL 200 GRAM

## (THE DESIGN OF LABORATORY SCALE ELECTRIC ARC FURNACE WITH MAXIMUM POWER 6,6 KW AND 200 GRAMS MAXIMUM MELTING FURNACE CAPACITY)

Pungky Wijanarko Prasetyo Wicaksono

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jalan Lingkar Selatan Taman Tirto, Kasihan Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183  
pungky.wijanarko.14.pw@gmail.com

### Abstrak

Dapur listrik merupakan salah satu alat peleburan logam di mana prosesnya tidak menggunakan sumber panas bahan bakar, tetapi menggunakan prinsip *low voltage* dan *low power factor* dengan arus sekunder yang besar untuk menghasilkan panas yang akan meleburkan benda kerja. Dapur listrik memiliki beberapa keunggulan di antaranya mampu melepaskan panas dalam waktu yang relatif singkat, tidak menimbulkan polusi asap akibat dari pembakaran, pemanasan dapat dilakukan pada lokasi tertentu, mudah dipindah ke tempat lain, dan efisiensi panas sangat baik, sehingga perlu dibuatnya dapur listrik skala laboratorium.

Perancangan dapur listrik skala laboratorium ini dilakukan dengan melakukan perhitungan diantaranya menghitung kebutuhan energi saat peleburan, menghitung tegangan dan arus primer trafo, menghitung tegangan sekunder trafo, menghitung jumlah lilitan sekunder trafo, menghitung jumlah kawat untuk kabel sekunder, menghitung daya trafo, mengetahui waktu dari peleburan, melakukan perancangan skema rangkaian kelistrikan, hingga merancang dimensi tungku dengan kapasitas maksimal 200 gram. Mesin busur listrik ini menggunakan dua buah trafo microwave yang di modifikasi.

Hasil dari perancangan modifikasi trafo microwave ini memiliki jumlah lilitan pada bagian sekunder sebanyak 20 lilitan untuk masing-masing trafo. Trafo dirancang dengan arus 200 A sehingga lilitan sekunder pada trafo ini menggunakan kawat berjumlah 32 helai sebagai kabelnya. Tungku peleburan memiliki dimensi kedalaman 45 mm dan diameter 46 mm dengan kapasitas tungku 200 gram. Pada perancangan waktu peleburan untuk 20 gram aluminium adalah 34,9 detik.

**Kata kunci** : Dapur listrik, transformator (trafo), peleburan aluminium.

### Abstract

*Electric furnace is one of metal melting equipment which does not use heat sources of fuel, but uses the principle of low voltage and low power factor with a high secondary current to produce heat for melting the workpiece. An electric furnace has several advantages including: ability to release heat in a relatively short time, pollution free due to smoke during burning, localized heating, easily movable, and excellent thermal efficiency, therefore the laboratory scale electric furnace is necessary to be made.*



*The design of the laboratory scale electric furnace is carried by calculating the energy needs during smelting, the primary voltage and primary current on transformer, the secondary voltage transformer, the number of secondary coil on the transformer, the number of wires for a secondary cable, the power from transformer, determining the time of smelting, designing the electrical circuit schematic, and design the dimensions of the furnace with capacity maximum 200 grams. This electric arc furnace machine uses two transformers microwave were modified.*

*The design results of the electric furnace has a number of secondary coil as much as 20 windings for each transformer. The transformer designed with a current of 200 A so that the secondary coil of the transformer uses 32 strands of wire as secondary cable on the secondary coil. Melting furnace has a dimension with depth of 45 mm and a diameter of 46 mm with a maximum capacity of 200 grams. From the calculate it was found that smelting time for aluminium of 20 grams is 34,9 seconds.*

**Kata kunci :** *Electric furnace, transformer, aluminium smelting.*

## **I. LATAR BELAKANG**

Dalam dunia industri, logam mempunyai peranan sangat penting terutama pada proses pembuatan komponen-komponen atau peralatan-peralatan permesinan bahkan hiasan pernak-pernik yang berbahan dasar aluminium karena logam jenis ini memiliki sifatnya yang mudah dibentuk.

Pengecoran aluminium skala rumah tangga hingga skala industri umumnya menggunakan tungku yang dilengkapi dengan alat bakar (burner). Bahan bakar yang biasa digunakan adalah LNG (*Liquified Natural Gas*), LPG (*Liquified Petroleum Gas*), dan arang. Selain itu faktor keselamatan juga menjadi perhatian khusus dalam proses peleburan logam karena ketika proses peleburan berlangsung akan menghasilkan suhu yang sangat tinggi. Sehingga sangat berbahaya apabila panas yang dihasilkan terkena oleh manusia (Noviansyah, 2006).

Dapur Busur Listrik atau *Electric Arc Furnance* (EAF) adalah peralatan yang digunakan untuk proses pembuatan logam / peleburan logam, dimana besi dipanaskan dan dicairkan dengan busur listrik yang berasal dari elektroda ke besi di dalam tanur.

Peleburan logam dengan busur listrik yang ada saat ini adalah peleburan dengan skala besar atau industri dan jarang sekali yang menggunakan busur listrik skala

laboratorium. kebanyakan peleburan yang digunakan adalah peleburan logam berskala besar mencapai kapasitas 400 ton.

Beberapa EAF terletak di negara studi seperti Nigeria, Delta Steel Company, dan pabrik-pabrik industri besar lainnya mereka begitu rumit dalam mendesain EAF dan begitu mahal bahkan perguruan tinggi nasional tidak mampu membeli *prototype* untuk tujuan eksperimental (Oyawale, 2007).

Pada perancangan dapur listrik skala laboratorium ini diharapkan dapat menjadi inovasi baru dalam sebuah peleburan logam, dimana peleburan logam ini dirancang untuk meleburkan suatu bahan logam seperti aluminium dalam skala kecil (gram), dan dapat untuk mengetahui daya yang digunakan dalam suatu peleburan dengan menggunakan dapur listrik tersebut.

## **II. KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

### **2.1 Kajian Pustaka**

Pengecoran logam merupakan proses yang melibatkan pencairan logam, membuat cetakan, menuang, membongkar dan membersihkan logam. Dalam mencairkan logam dapat digunakan berbagai macam tanur seperti kupola atau tanur induksi frekuensi rendah dipergunakan untuk besi cor, tanur busur listrik atau tanur induksi



busur tinggi dipergunakan untuk baja cor dan tanur kurs untuk paduan tembaga atau paduan coran ringan, karena tanur–tanur ini dapat menghasilkan logam yang baik dan sangat ekonomis untuk pengecoran logam–logam tersebut (Surdia, 2000).

Prinsip proses peleburan dengan tanur bekerja dengan prinsip transformator dengan kumparan primer dialiri arus AC dari sumber tenaga dan kumparan sekunder. Kumparan sekunder yang diletakkan didalam medan magnet kumparan primer akan menghasilkan arus induksi. Berbeda dengan transformator, kumparan sekunder digantikan oleh bahan baku peleburan serta dirancang sedemikian rupa agar arus tersebut berubah menjadi panas yang sanggup mencairkannya (Rahmat, 2015).

Sistem operasi busur listrik dilakukan pada *low voltage* dan *low power factor* dengan arus sekunder yang besar. Kenyataannya dalam praktik untuk memperbesar *power factor* dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan memperkecil *setting* arus sekunder untuk tegangan tap tertentu dan menaikkan tegangan tap untuk arus sekunder tertentu. Kedua cara tersebut dapat ditempuh sebuah pabrik untuk mencapai sasaran optimasi energi listrik dan juga elektroda (Wardhana, 2007).

Dapur busur listrik cahaya ini terdiri atas tungku baja berbentuk bulat yang dangkal, dilapis dengan bahan tahan api. Dua buah batang elektroda karbon yang dapat dinaikkan dan diturunkan, masuk ke dalam dapur melewati tutup dapur dan menyentuh logam yang akan dilebur. Arus listrik dialirkan melalui elektroda-elektroda itu dan membentuk sirkuit dengan logam. Bila sirkuit tercapai, maka arus meloncati celah antara ujung-ujung elektroda dan logam. Bunga api yang menjembatani celah itu disebut busur cahaya. Panas yang dibangkitkan oleh busur cahaya menyebabkan logam menjadi cair (Setyobudi, 2013).

## 2.2 Dasar Teori

Prinsip kerja busur listrik adalah apabila kedua kutub didekatkan pada jarak tertentu terjadi loncatan listrik, maka hal ini dikenal dengan busur listrik, dan busur listrik ini yang dimanfaatkan sebagai sumber pemanas (Sulistyo dkk, 2006).

Salah satu kelebihan EAF adalah kemampuan EAF untuk mengolah scrap menjadi 100 % baja cair. Menurut survei sebanyak 33% dari produksi baja kasar (crude steel) diproduksi menggunakan Tanur busur listrik (EAF). Sedangkan kapasitas produksi dari EAF bisa mencapai 400 ton. Kelebihan lain dari EAF ini adalah energi yang dikeluarkan busur listrik terhadap logam bahan baku sangat besar, menyebabkan terjadinya oksidasi besar pada logam cair. Hal ini menyebabkan karbon yang terkandung di dalam logam bahan baku teroksidasi sehingga kadar karbon dalam logam tersebut menjadi berkurang.

Bentuk fisik dari dapur (EAF) ini cukup rendah sehingga dalam hal pengisian bahan bakunya pun sangat mudah. Dalam hal pengoperasiannya pun EAF juga tidak terlalu sulit karena hanya memerlukan beberapa orang operator yang memantau proses peleburan dan penggunaan listrik pada dapur tersebut.

## 2.3 Prinsip Kerja Pada Arus Dari Busur Listrik

Dalam proses peleburan menggunakan busur listrik ada dua macam arus listrik yang bisa digunakan dalam proses peleburan dengan EAF, yaitu arus searah (*direct current*) dan arus bolak-balik (*alternating current*), yang biasa digunakan dalam proses peleburan adalah arus bolak-balik dengan tiga fase menggunakan elektroda graphite.

Pada tanur busur listrik adalah panas timbul akibat adanya tahanan (resistansi) saat arus listrik yang mengalir. Dalam hal ini, logam yang dimuatkan dalam tanur yang akan memberikan tahanan terhadap arus listrik. Saat logam mencair, terak akan



memberikan tahanan pada aliran arus listrik. Untuk mempertahankan pemberian panas saat logam telah mencair, elektroda harus diangkat sehingga elektroda tersebut hanya menyentuh permukaan lapisan terak. Panas yang dihasilkan oleh loncatan electron (busur api) dengan aliran listrik dengan adanya aliran listrik ini maka, akan menimbulkan aliran induksi dalam cairan yang akan menyebabkan terjadinya gerak cairan, sehingga homogenisasi cairan dapat terjadi.

Pada *arc furnace* elektroda dipakai untuk menghantarkan arus busur listrik menuju bahan peleburan, terbuat dari karbon atau grafit sebab tahan terhadap temperatur tinggi.

## 2.4 Komponen Busur Listrik

Dapur listrik pada umumnya terdiri dari beberapa elemen penting yang terdapat pada mesin pemanas antara lain:

### 1 Transformator (trafo)

Transformator trafo adalah alat yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan AC. Trafo memiliki dua terminal, yaitu terminal input dan terminal output. Terminal input terdapat pada kumparan primer. Terminal output terdapat pada kumparan sekunder (Sangadat, 2015).

### 2. Induktor

Induktor adalah komponen yang tersusun dari lilitan kawat. Induktor termasuk juga komponen yang dapat menyimpan muatan listrik berupa medan magnetic atau lebih tepatnya fluk magnetik. Induktansi adalah kemampuan suatu induktor (misalnya selenoida atau toroida) dalam menyimpan fluk magnetik. Besarnya arus pada induktor dipengaruhi oleh besarnya diameter kawat email yang digunakan dalam sebuah induktor (Sangadat, 2015).

Tabel 1 Tabel Kemampuan Hantar Arus

Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Arus (A)	Arus Maksimal (A)
0,14	2,5	2,5
0,25	4	5
0,034	5	7
0,5	9	10
0,75	12	14
1	15	17
1,5	18	21
2,5	26	30
4	34	41
6	44	52
10	61	74
16	82	99
25	108	131
35	135	162
50	168	202
70	207	250
95	250	301
120	292	352

Sumber : Igus “*Motion Cables For Energy Chains Catalogs 2014*”.

### 3. Elektroda

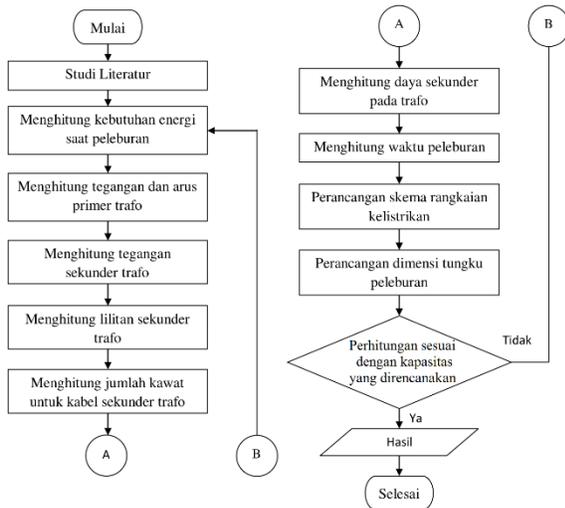
Elektroda dibuat dari bahan carbon atau grafit dimana elektroda dari bahan grafit lebih menguntungkan sebab lebih tahan terhadap temperatur tinggi. Di sebuah pabrik industri biasanya menggunakan tiga elektroda yang dipasang secara vertikal dalam formasi segitiga. elektroda dikelilingi pendingin dan penutup untuk mendinginkan dan mengurangi gas yang digunakan dapat dinaikkan atau diturunkan secara otomatis.

## III. METODE PERANCANGAN

### 3.1 Diagram

Penelitian ini dilakukan beberapa tahapan, mulai dari persiapan dengan mencari referensi pendukung, membuat perancangan desain alat, serta analisa

perhitungan perancangan yang dilakukan dapat dilihat pada diagram berikut :



Gambar 1 Diagram Alir Proses Perancangan Busur Listrik

#### IV. PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Menghitung Energi Yang Dibutuhkan Saat Peleburan

Pada perancangan dapur listrik ini dibutuhkan energi agar dapat meleburkan 200 gram aluminium.:

Diketahui :  $M_{\text{Aluminium}} : 200\text{g} = 0,2\text{kg}$  Ditanya :  $Q : \dots$  (Joule)  
 $C_{\text{Aluminium}} : 900 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$   
 $T_1 : 30^\circ\text{C}$   
 $T_2 : 850^\circ\text{C}$

$$Q = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1) \cdot 4,17$$

$$Q = 0,2\text{Kg} \cdot 900\text{J/Kg}^\circ\text{C} \cdot (850^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) \cdot 4,17$$

$$Q = 615492 \text{ Joule}$$

##### 4.2. Menghitung Daya Listrik Yang Dibutuhkan

Untuk mengetahui daya listrik yang dibutuhkan mesin dapur busur listrik untuk meleburkan 200 gram aluminium dengan energi kalor sebesar 177120 joule dan waktu peleburan yang diinginkan adalah 300 detik.

Diketahui :  
 $Q : 615492 \text{ Joule}$   
 $t : 150 \text{ detik}$

Ditanya :  
 $P : \dots$  (Watt)

$$Q = V \cdot I \cdot t$$

$$Q = P \cdot t$$

$$P = \frac{Q}{t}$$

$$P = \frac{615492 \text{ Joule}}{150 \text{ s}}$$

$$P = 4103,28 \text{ Watt}$$

##### 4.3. Menghitung Daya Primer Untuk Trafo

Perhitungan ini untuk mengetahui daya primer/input yang dibutuhkan pada trafo dengan asumsi bahwa efisiensi yang terjadi pada trafo sebesar 80%.

Diketahui :  $P_s : 4103,28 \text{ Watt}$  Ditanya :  $P_p : \dots$  (Watt)  
 $\eta : 80\%$

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\%$$

$$P_p = \frac{P_s}{\eta}$$

$$P_p = \frac{4103,28 \text{ Watt}}{0,8}$$

$$P_p = 5129,1 \text{ Watt}$$

##### 4.4. Perancangan Modifikasi Pada Trafo Microwave

Perancangan modifikasi pada trafo ini dilakukan karena spesifikasi trafo yang ada dimiliki kurang sesuai dengan perancangan diatas, maka dilakukan proses perhitungan kembali untuk memodifikasi trafo tersebut. Trafo yang digunakan adalah trafo bekas microwave. Pada trafo bekas microwave ini memiliki spesifikasi tegangan input sebesar 220 Volt, kuat arus input 15,295 Ampere dan jumlah lilitan primer 196 lilitan. Agar trafo bekas microwave ini dapat bekerja untuk meleburkan logam, maka dilakukan perancangan dengan perhitungan sebagai berikut :



#### 4.4.1 Menghitung Tegangan dan Arus Primer Trafo

Trafo yang digunakan memiliki daya sebesar 3364,9 Watt, sedangkan pada perancangan diatas daya yang dibutuhkan sebesar 5129,1 Watt, maka agar dapat bekerja sesuai dengan yang dirancangan trafo yang digunakan adalah dua buah trafo dengan spesifikasi yang sama. Pada trafo ini akan dilakukan modifikasi pada bagian sekundernya. Bagian primer pada dua buah trafo akan dipasang secara paralel. Sehingga tegangan dan arus pada sisi primer yang di pasang secara paralel trafo tersebut dapat dihitung sebagai berikut:

Diketahui :	Ditanya :
$V_1 : 220 \text{ V}$	$V_{\text{total}} : \dots (\text{V})$
$V_2 : 220 \text{ V}$	$I_{\text{total}} : \dots (\text{A})$
$I_1 : 10 \text{ A}$	
$I_2 : 10 \text{ A}$	

$$V_{\text{total}} = V_1 = V_2 = 220 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{total}} &= I_1 + I_2 \\ &= 10 \text{ A} + 10 \text{ A} \\ &= 20 \text{ A} \end{aligned}$$

#### 4.4.2 Menghitung Tegangan Sekunder

Pada perancangan memodifikasi trafo ini arus yang diinginkan adalah sebesar 200 Ampere untuk dua buah trafo. Maka tegangan yang terjadi sebagai berikut :

Diketahui :	Ditanya :
$V_p : 220 \text{ V}$	$V_s : \dots (\text{V})$
$I_p : 20 \text{ A}$	
$I_s : 200 \text{ A}$	

$$\begin{aligned} \frac{V_p}{V_s} &= \frac{I_s}{I_p} \\ V_s &= \frac{V_p \times I_p}{I_s} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{220 \text{ V} \times 20 \text{ A}}{200 \text{ A}}$$

$$V_s = 22 \text{ V}$$

#### 4.4.3 Menghitung Lilitan Sekunder

Setelah mengetahui tegangan sekunder pada trafo, maka selanjutnya menentukan jumlah lilitan sekunder pada masing-masing trafo. Trafo yang dirancang dengan rangkaian paralel maka tegangan dimasing-masing trafo sama. Sehingga jumlah lilitan pada satu buah trafo sebagai berikut :

Diketahui :	Ditanya :
$V_p : 220 \text{ V}$	$N_s : \dots (\text{Lilitan})$
$V_s : 22 \text{ V}$	
$N_p : 196 \text{ Lilitan}$	

$$\begin{aligned} \frac{V_p}{V_s} &= \frac{N_p}{N_s} \\ N_s &= \frac{V_s \times N_p}{V_p} \\ N_s &= \frac{22 \text{ V} \times 196 \text{ Lilitan}}{220 \text{ V}} \\ N_s &= 19.6 \approx 20 \text{ Lilitan} \end{aligned}$$

#### 4.4.4 Menghitung Jumlah Kawat Kabel Sekunder

Perhitungan ini untuk menentukan berapa jumlah kawat untuk dijadikan sebuah kabel sekunder sebagai penghantar arus listrik. Pada perancangan rangkaian listrik pada bagian sekunder dibuat paralel dengan arus maksimal 300 A, maka pada masing-masing trafo menghantarkan arus sebesar 150 A. Pada tabel 1 untuk arus 150 A dapat menggunakan kabel dengan luas penampang 35 mm<sup>2</sup>. Kawat direncanakan menggunakan diameter 1 mm dengan alasan agar mudah saat proses pelilitan kabel. Sehingga jumlah kawat untuk kabel sekunder sebagai berikut :



Diketahui :  
 Luas penampang : 35 mm<sup>2</sup>  
 Diameter kawat : 1 mm

Ditanya :  
 $\Sigma_{kawat} : \dots$  (Helai)

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang Kawat} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 1^2 \\ &= 0,785 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kawat} &= \frac{\text{Luas Penampang Kabel}}{\text{Luas Penampang Kawat}} \\ &= \frac{35 \text{ mm}^2}{0,785 \text{ mm}^2} \\ &= 44,58 \approx 45 \text{ Helai Kawat} \end{aligned}$$

#### 4.4.5 Menghitung Daya Sekunder Pada Trafo

Dalam sebuah perancangan pasti terdapat rugi-rugi yang terjadi. Rugi-rugi yang terjadi pada trafo biasanya disebabkan oleh panas yang terjadi pada trafo, panjang kabel, sumber listrik yang tidak stabil dan sebagainya. Oleh karena itu efisiensi yang terjadi pada trafo umumnya sekitar 80% hingga 85%. Sehingga daya sekunder pada trafo :

Diketahui :  
 $V_p : 22 \text{ V}$   
 $I_p : 200 \text{ A}$   
 $\eta : 80\%$

Ditanya :  
 $P_s : \dots$  (Watt)

$$\begin{aligned} P_s &= V_p \cdot I_p \cdot \eta \\ P_s &= 220 \text{ V} \cdot 20 \text{ A} \cdot 80\% \\ P_s &= 3520 \text{ Watt} \end{aligned}$$

#### 4.4.6 Menghitung Kebutuhan Energi Saat Peleburan

Pada perancangan dapur listrik ini untuk mengetahui performa dari mesin busur listrik maka perlu diketahui dibutuhkan energi agar dapat meleburkan 20 gram aluminium.

Diketahui :  
 $m_{Al} : 200 \text{g} : 0,2 \text{kg}$   
 $c_{Al} : 900 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$   
 $T_1 : 30^\circ\text{C}$   
 $T_2 : 850^\circ\text{C}$

Ditanya :  
 $Q : \dots$  (Joule)

$$\begin{aligned} Q &= m_{Al} \cdot c_{Al} \cdot (T_2 - T_1) \cdot 4,17 \\ Q &= 0,02 \text{Kg} \cdot 900 \text{J/Kg}^\circ\text{C} \cdot (850^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) \cdot 4,17 \\ Q &= 61549,2 \text{ Joule} \end{aligned}$$

#### 4.4.7 Menghitung Waktu Peleburan

Untuk mengetahui performa dari perancangan modifikasi trafo maka dilakukan perhitungan waktu peleburan pada mesin dapur busur listrik

Diketahui :  
 $Q_{20 \text{ gram}} : 61549,2 \text{ Joule}$   
 $Q_{200 \text{ gram}} : 615492 \text{ Joule}$   
 $P : 3520 \text{ Watt}$

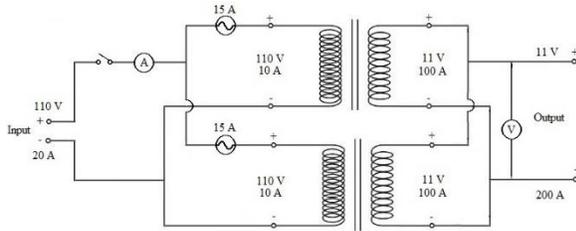
Ditanya :  
 $t : \dots$  (detik)

$$\begin{aligned} Q &= P \cdot t \\ t_{20 \text{ gram}} &= \frac{Q}{P} \\ t_{20 \text{ gram}} &= \frac{61549,2 \text{ Joule}}{3520 \text{ Watt}} = 17,48 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{200 \text{ gram}} &= \frac{Q}{P} \\ t_{200 \text{ gram}} &= \frac{615492 \text{ Joule}}{3520 \text{ Watt}} = 174,8 \text{ detik} \end{aligned}$$

#### 4.4.8 Rangkaian Kelistrikan Hasil Modifikasi Trafo Microwave

Hasil dari modifikasi pada trafo microwave memiliki arus input maksimal sebesar 15.295 ampere pada masing-masing trafo, oleh karena itu pada bagian input dari sumber listrik menuju trafo dipasang alat pengaman berupa sekering sebesar 15 Ampere pada masing-masing trafo sebagai pengaman ketika terjadi konsleting. Berikut adalah rangkaian kelistrikan pada trafo microwave yang dirangkai secara paralel :



Gambar 2 Rangkaian Kelistrikan Hasil Modifikasi Trafo Microwave

#### 4.5. Menentukan Dimensi Tungku Peleburan

Benda uji untuk peleburan adalah aluminium yang memiliki massa jenis 2712 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan kapasitas tungku maksimal di rencanakan 200 g. Sehingga volume tungku sebagai berikut :

Diketahui : M : 200 g : 0,2 Kg  
 Ditanya : V<sub>Tungku</sub> : ... (mm<sup>3</sup>)  
 M<sub>jenis</sub> : 2712 Kg/m<sup>3</sup>

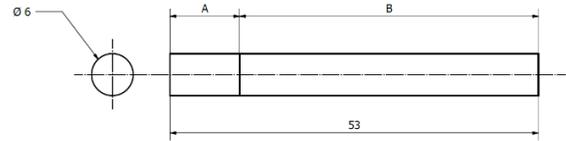
$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{\text{Massa}}{\text{Massa Jenis}} \\ &= \frac{0.2 \text{ Kg}}{2712 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 7,3746313 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \\ &= 73746,313 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Tungku yang akan dibuat adalah berbentuk tabung. Setelah mengetahui volume tungku maka selanjutnya menentukan ukuran tungku seperti diameter dan kedalaman tungku. Kedalaman tungku yang direncanakan adalah 45 mm. Maka diameter tungku peleburan sebagai berikut :

Diketahui : V<sub>Tungku</sub> : 73746,313 mm<sup>3</sup>  
 Ditanya : D<sub>Tungku</sub> : ... (mm)  
 t : 45 mm

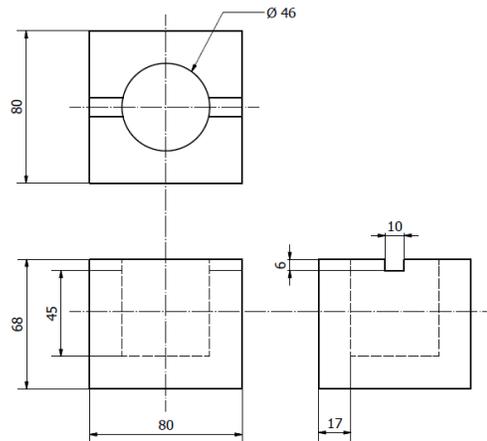
$$\begin{aligned} D_{\text{Tungku}} &= \sqrt{\frac{V \times 4}{t \times \pi}} \\ &= \sqrt{\frac{73746,313 \times 4}{45 \times \pi}} \\ &= 45,68 \text{ mm} \approx 46 \text{ mm} \end{aligned}$$

Setelah mengetahui tinggi dan diameter tungku maka selanjutnya mencari panjang keseluruhan tungku yang akan disesuaikan dengan panjang carbon baterai bertipe ukuran D.

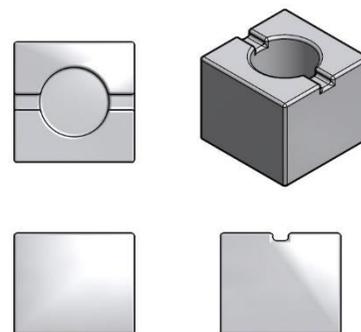


Gambar 3 Panjang Carbon Baterai Tipe D

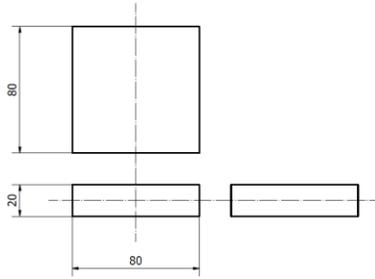
Pada gambar diatas pada bagian A adalah bagian yang dijepit oleh tang sebagai pegangan carbon dan bagian B adalah bagian yang bersentuhan dengan benda kerja dengan panjang 43 mm. Sehingga dirancang panjang keseluruhan tungku dibuat 80 mm agar dua buah karbon dapat masuk kedalam tungku. Berikut adalah gambar tungku peleburan :



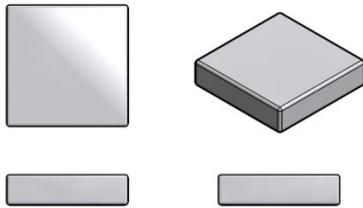
Gambar 4 Tungku Peleburan 2D



Gambar 5 Tungku Peleburan 3D



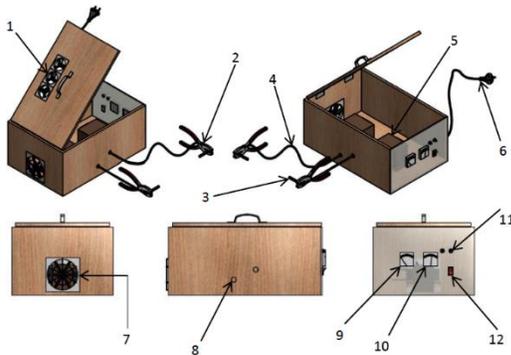
Gambar 6 Tutup Tungku Peleburan 2D



Gambar 7 Tutup Tungku Peleburan 3D

#### 4.6. Desain Mesin Busur Listrik

Berikut merupakan gambar dan fungsi dari setiap komponen pada alat busur listrik yang didesain dengan menggunakan software Autodesk Inventor 2015 :



Gambar 8 Mesin Busur Listrik 3D

Keterangan :

1. Kipas : Sebagai pendingin dari komponen trafo ketika alat bekerja.
2. Tang : Menjepit karbon/elektroda ketika proses peleburan.
3. Karbon : Sebagai penghantar listrik ke benda kerja ketika proses peleburan.
4. Kabel Sekunder : Sebagai output arus listrik dari trafo.
5. Transformator : Sebagai pemindah

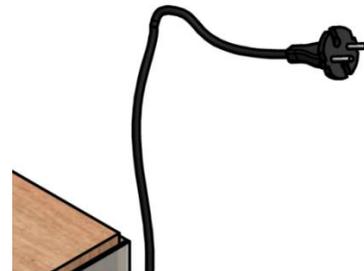
energi listrik melalui proses induksi elektromagnet

6. Kabel Steker : Sebagai input energi listrik dari sumber listrik.
7. Kipas : Sebagai pembuangan panas yang ditimbulkan trafo.
8. Lubang kabel Sekunder : sebagai tempat keluaran kabel dari trafo.
9. Voltmeter : Untuk mengetahui tegangan ketika proses peleburan.
10. Amperemeter : Untuk mengetahui arus input dari proses peleburan.
11. Sekring : Sebagai pengaman pada trafo ketika terjadi konsleting dan untuk membatasi kinerja trafo agar tidak menerima beban berlebih.
12. Saklar : Sebagai tombol menghidupkan atau mematikan alat.

#### 4.7. Penjelasan Cara Kerja Penggunaan Alat

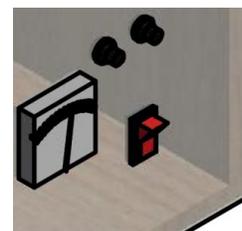
Berikut merupakan penjelasan cara menggunakan alat busur listrik tersebut :

1. Colokan steker ke sumber listrik/stop kontak.



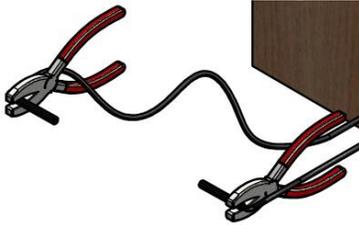
Gambar 9 Kabel Steker

2. Tekan saklar on/off untuk menyalakan mesin busur listrik.



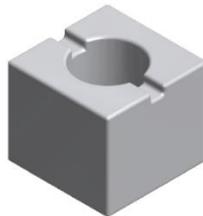
Gambar 10 Saklar On/Off

- Hubungkan elektroda kutub (+) dan kutub (-). Jika terjadi loncatan listrik maka mesin siap untuk digunakan.



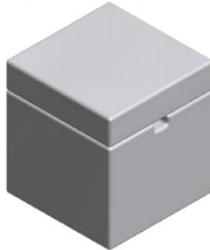
Gambar 11 Elektroda Karbon Kutub (+) dan Kutub (-)

- Masukan logam aluminium kedalam tungku peleburan (maksimal 200 gram).



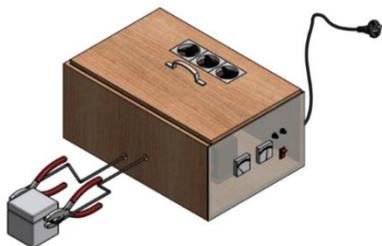
Gambar 12 Tungku Peleburan

- Tutup tungku saat proses peleburan.



Gambar 13 Tungku saat ditutup

- Masukan elektroda kutub (+) dan kutub (-) melalui lubang elektroda pada tungku peleburan dan hubungkan kedua kutub elektroda.



Gambar 14 Proses Peleburan Menggunakan Busur Listrik

- Tunggu hingga aluminium mencair.
- Matikan mesin busur listrik.
- Selesai.

#### 4.8. Spesifikasi Dapur Busur Listrik Skala Laboratorium

Hasil rancangan dari dapur busur listrik skala laboratorium ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2 Spesifikasi Dapur Busur Listrik Skala Laboratorium

Transformator	2 Buah
$V_{Input}$	220 V
$I_{Input Max.}$	30 A
$V_{Output}$	22 V
$I_{Output Max.}$	300 A
Kapasitas Tungku	200 gram Al

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil perancangan modifikasi trafo agar dapat bekerja sesuai dengan perencanaan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Trafo yang digunakan adalah trafo microwave sebanyak dua buah.
- Jumlah pada masing-masing lilitan sekunder pada trafo berjumlah 20 lilitan
- Jumlah kawat pada kabel sekunder sebanyak 45 helai kawat.
- Sekring yang digunakan sebagai pengaman adalah 15 ampere unuk masing – masing trafo.
- Ukuran tungku peleburan dengan kapasitas maksimal 200 gram memiliki kedalaman 45 mm dan diameter 46 mm.
- Tungku peleburan menggunakan fire brick SK 32.



## 5.2 Saran Pengembangan

Saran yang dapat berikan untuk pengembangan tugas tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis dan pengujian untuk mengetahui kapasitas maksimal dari peleburan dari busur listrik.
2. Melakukan analisa tentang terkikisnya elektroda karbon agar mengetahui umur dari pemakaian elektroda karbon.
3. Melakukan analisa tentang kenaikan suhu yang terjadi pada trafo untuk mengetahui batas waktu dari lama pemakaian alat agar tidak terjadi overheating pada trafo.

### DAFTAR PUSTAKA

- Angga, Rida. 2015. *“Prinsip Kerja Transformator”*. Diakses pada 14 Mei 2016, dari <http://skemaku.com/prinsip-kerja-transformator/>
- Anonim. 2016. *Tanur Busur Listrik*. Diakses pada 28 April 2016, dari [https://id.wikipedia.org/wiki/Tanur\\_Busur\\_Listrik](https://id.wikipedia.org/wiki/Tanur_Busur_Listrik)
- Igus. 2014. *“Motion Cable For Energy Chains”*. Canada : Chainflex
- Oyawale, F.A. dkk. 2007. *“Design and Prototype Development of a Mini-Electric Arc Furnance*. Departement of Industrial and Prod. Engineering. University of Ibadan. Nigeria.
- Rahmat, Muhammad Rais. 2015. *“Perancangan Dan Pembuatan Tungku Heat Treatment”*. Jurnal Imiah Teknik Mesin, Vol-3 Universitas Islam 45, Bekasi.
- Sangadat, Mad. 2015. Tugas Akhir *“Perancangan dan Pembuatan Dapur Induksi Skala Laboratorium dan Pengujiannya”*. Yogyakarta:
- Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik UMY.
- Setia, Farhan Rizki Yudistira. 2013. *“Tanur Listrik”*. Ceper : Politeknik Manufaktur Ceper Jawa Tengah.
- Setyobudi, Agus. 2013. *“Teknologi Mekanik SMK/MAK Kelas X”*. Malang : Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan
- Sulistyo, Budi. dkk. 2006. *“Rancangan Bangun dan Uji Fungsi Penggerak Elektroda Pemanas Busur Listrik Pada Pembuatan Zirkon Karbida”*. Yogyakarta : Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan BATAN.
- Surdia, Tata. 2000, *“Teknik Pengecoran Logam”*. Cetakan Ke-8, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Wardhana, Arief Wisnu. 2007. *“Peningkatan Efisiensi Produksi Electric Arc Furnance Dengan Injeksi Oksigen Untuk Menghemat Biaya Energi Listrik Pada Industri Baja”*. Purwokerto : Fakultas Teknik UNS

