

BAB 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. Untuk dapat mengetahui energi yang dibutuhkan dapat menggunakan persamaan (2.12) sebagai berikut :

Diketahui :	Ditanya :
m_{Al} : 200g : 0,2kg	Q : ... (Joule)
c_{Al} : 900 J/Kg°C	
T_1 : 30°C	
T_2 : 850°C	

$$Q = m_{Al} \cdot c_{Al} \cdot (T_2 - T_1) \cdot 4,17$$

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

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

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 615492 joule dan waktu peleburan yang diinginkan adalah 150 detik dapat menggunakan persamaan (2.11).

Diketahui :	Ditanya :
Q : 615492 Joule	P : ... (Watt)
t : 150 detik	

$$Q = V.I.t$$

$$Q = P.t$$

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

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

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

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 Watt

η : 80%

Ditanya :

P_p : ... (Watt)

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

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

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

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

4.4. Perancangan Modifikasi Pada Trafo *Microwave*

Perancangan modifikasi pada trafo ini dilakukan karena spesifikasi trafo yang 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* maksimal 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 direncanakan trafo yang digunakan adalah dua buah trafo dengan spesifikasi yang sama. Arus *input* yang digunakan dalam perancangan sebesar 10 A sebagai jarak aman. Pada trafo ini nantinya akan dilakukan modifikasi pada bagian sekundernya. Bagian primer pada dua buah trafo akan dipasang secara paralel dengan alasan jika salah satu trafo terjadi konsleting maka mesin masih dapat berkerja dengan satu buah trafo. Sehingga tegangan dan arus pada sisi primer yang di pasang secara paralel trafo tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui :

$$V_1 : 220 \text{ V}$$

$$V_2 : 220 \text{ V}$$

$$I_1 : 10 \text{ A}$$

$$I_2 : 10 \text{ A}$$

Ditanya :

$$V_{\text{total}} : \dots (\text{V})$$

$$I_{\text{total}} : \dots (\text{A})$$

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

$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2$$

$$= 10 \text{ A} + 10 \text{ A}$$

$$= 20 \text{ A}$$

4.4.2 Menghitung Tegangan Sekunder

Pada perancangan memodifikasi trafo ini arus yang diinginkan adalah sebesar 200 Ampere untuk dua buah trafo. Untuk mengetahui tegangan sekunder/*output* pada trafo dengan menggunakan persamaan (2.7).

Diketahui :

$$V_p : 220 \text{ V}$$

$$I_p : 20 \text{ A}$$

$$I_s : 200 \text{ A}$$

Ditanya :

$$V_s : \dots (\text{V})$$

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$$V_s = \frac{V_p \times I_p}{I_s}$$

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

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

4.4.3 Menghitung Lilitan Sekunder

Setelah mengetahui tegangan sekunder pada trafo, maka selanjutnya menentukan jumlah lilitan sekunder pada masing-masing trafo dengan menggunakan persamaan (2.6). Trafo yang dirancang dengan rangkaian paralel maka tegangan dimasing-masing trafo sama. Sehingga jumlah lilitan pada satu buah trafo sebagai berikut :

Diketahui :

$$V_p : 220 \text{ V}$$

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

$$N_p : 196 \text{ Lilitan}$$

Ditanya :

$$N_s : \dots (\text{Lilitan})$$

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$N_s = \frac{V_s \times N_p}{V_p}$$

$$N_s = \frac{22 \text{ V} \times 196 \text{ Lilitan}}{220 \text{ V}}$$

$$N_s = 19.6 \approx 20 \text{ Lilitan}$$

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 2.1 untuk arus 150 A dapat menggunakan kabel dengan luas penampang 35 mm². 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 kabel : 35 mm²

Diameter kawat : 1 mm

Ditanya :

Σ_{kawat} : ... (Helai)

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

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kawat} &= \frac{\text{Luas Penampang Kabel}}{\text{Luas Penampang Kawat}} \\ &= \frac{35 \text{ mm}^2}{0,785 \text{ mm}^2} = 44,585 \approx 45 \text{ Helai Kawat} \end{aligned}$$

4.4.5 Menghitung Daya Sekunder Pada Trafo

Dalam sebuah perancangan pasti memiliki 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 :

$$V_p : 220 \text{ V}$$

$$I_s : 20 \text{ A}$$

$$\eta : 80\%$$

Ditanya :

$$P_s : \dots \text{ (Watt)}$$

$$P_s = V_p \cdot I_p \cdot \eta$$

$$P_s = 220 \text{ V} \cdot 20 \text{ A} \cdot 80\%$$

$$P_s = 3520 \text{ Watt}$$

4.4.6 Menghitung Kebutuhan Energi Saat Peleburan

Pada perancangan dapur listrik ini untuk mengetahui performa dari mesin busur listrik maka perlu diketahui kebutuhan energi agar dapat meleburkan 20 gram aluminium. Untuk dapat mengetahui energi yang dibutuhkan dapat menggunakan persamaan (2.12) sebagai berikut :

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 :

$$Q : \dots \text{ (Joule)}$$

$$Q = m_{Al} \cdot c_{Al} \cdot (T_2 - T_1) \cdot 4,17$$

$$Q = 0,02 \text{ Kg} \cdot 900 \text{ J/Kg}^\circ\text{C} \cdot (850^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) \cdot 4,17$$

$$Q = 61549,2 \text{ Joule}$$

4.4.7 Menghitung Waktu Peleburan

Untuk mengetahui performa dari perancangan modifikasi trafo maka dilakukan perhitungan waktu peleburan pada mesin dapur busur listrik dengan menggunakan persamaan (2.11).

Diketahui :

$$Q_{20 \text{ gram}} : 61549,2 \text{ Joule}$$

$$Q_{200 \text{ gram}} : 615492 \text{ Joule}$$

$$P : 3520 \text{ Watt}$$

Ditanya :

$$t_{20 \text{ gram}} : \dots (\text{detik})$$

$$t_{200 \text{ gram}} : \dots (\text{detik})$$

$$Q = P \cdot t$$

$$t_{20 \text{ gram}} = \frac{Q_{20 \text{ gram}}}{P}$$

$$t_{20 \text{ gram}} = \frac{61549,2 \text{ Joule}}{3520 \text{ Watt}}$$

$$t_{20 \text{ gram}} = 17,485 \text{ detik}$$

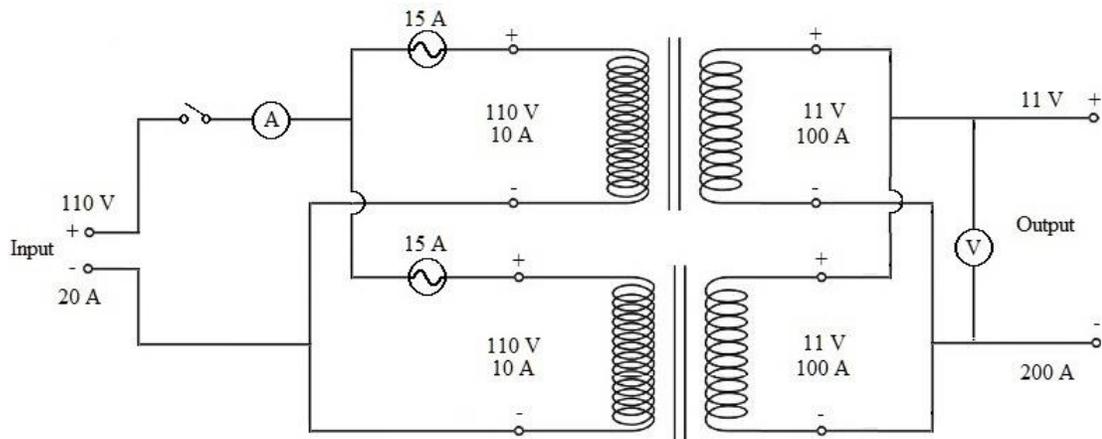
$$t_{200 \text{ gram}} = \frac{Q_{200 \text{ gram}}}{P}$$

$$t_{200 \text{ gram}} = \frac{615492 \text{ Joule}}{3520 \text{ Watt}}$$

$$t_{200 \text{ gram}} = 174,85 \text{ detik}$$

4.4.8 Rangkaian Kelistrikan Hasil Modifikasi Trafo *Microwave*

Pada trafo *microwave* memiliki arus *input* sebesar 15.295 Ampere, 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. Dua buah trafo dipasang secara paralel pada bagian *input* dan pada *output*. Berikut adalah rangkaian kelistrikan pada trafo *microwave* :



Gambar 4.1 Rangkaian Kelistrikan Hasil Modifikasi Trafo *Microwave*

4.5. Menentukan Dimensi Tungku Peleburan

Untuk menentukan dimensi ukuran tungkun peleburan dapur busur listrik dapat menggunakan rumus (2.13). Benda uji untuk peleburan adalah aluminium yang memiliki massa jenis 2712 kg/m^3 . Sedangkan kapasitas tungku maksimal 200 g. Sehingga volume tungku sebagai berikut :

Diketahui :

$$m : 200 \text{ g} : 0,2 \text{ Kg}$$

$$\rho : 2712 \text{ Kg/m}^3$$

Ditanya :

$$V_{\text{Tungku}} : \dots (\text{mm}^3)$$

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

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 :

$$V_{\text{Tungku}} : 73746,313 \text{ mm}^3$$

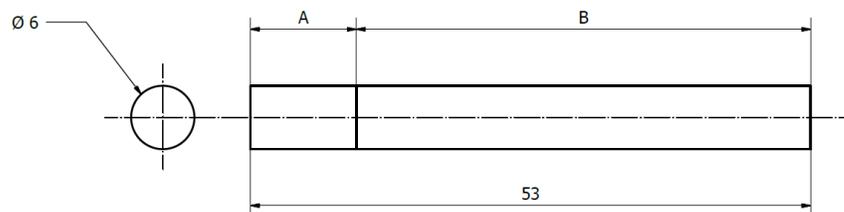
$$t : 45 \text{ mm}$$

Ditanya :

$$D_{\text{Tungku}} : \dots (\text{mm})$$

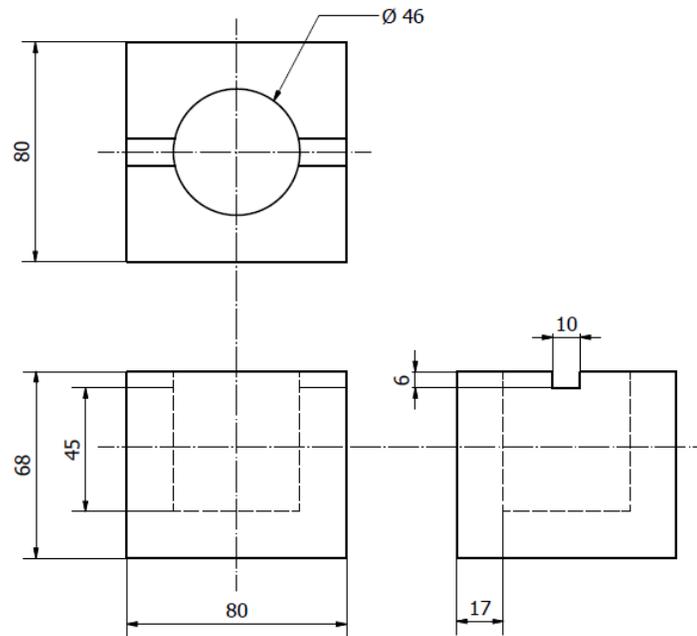
$$\begin{aligned} D_{\text{Tungku}} &= \sqrt{\frac{V_{\text{tungku}} \times 4}{t \times \pi}} \\ &= \sqrt{\frac{73746,313 \times 4}{45 \times \pi}} \\ &= 45,68 \text{ mm} \approx 46 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

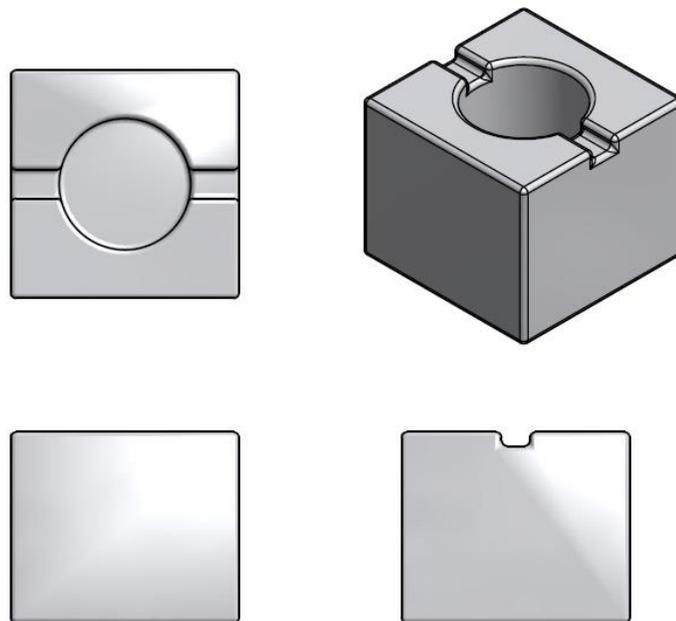


Gambar 4.2 Panjang Carbon Baterai Tipe D

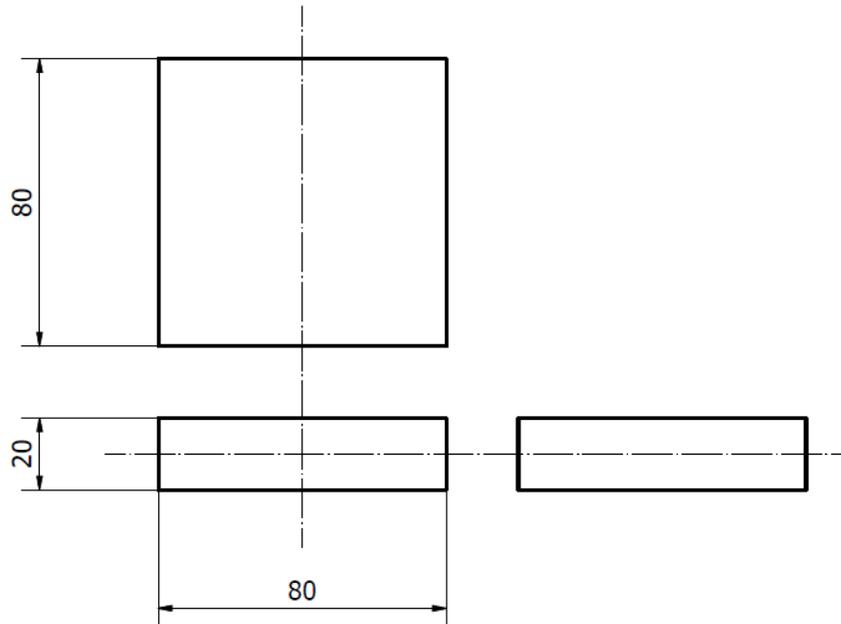
Pada gambar diatas pada bagian A adalah bagian yang dijepit oleh tang sebagai pegangan carbon dan bagian B adalah bagian y yang akan dimasukan kedalam tungku dengan panjang 43 mm. Sehingga dirancang panjang keseluruhan tungku dibuat 80 mm agar dua buah karbon dapat masuk kedalam tungku. Berikut adalah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



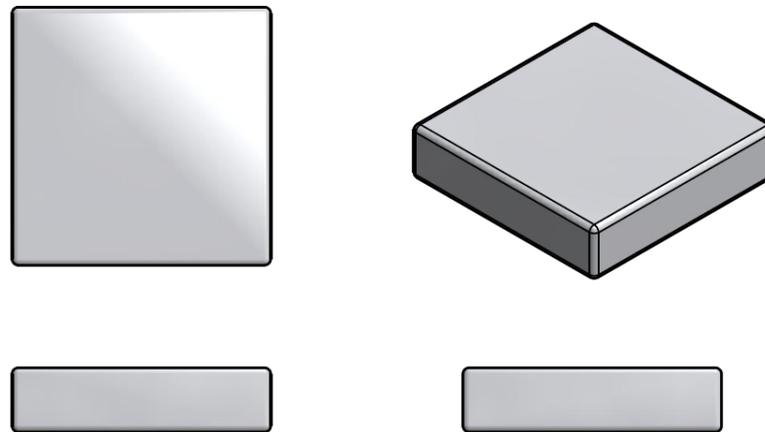
Gambar 4.3 Tungku Peleburan 2D



Gambar 4.4 Tungku Peleburan 3D



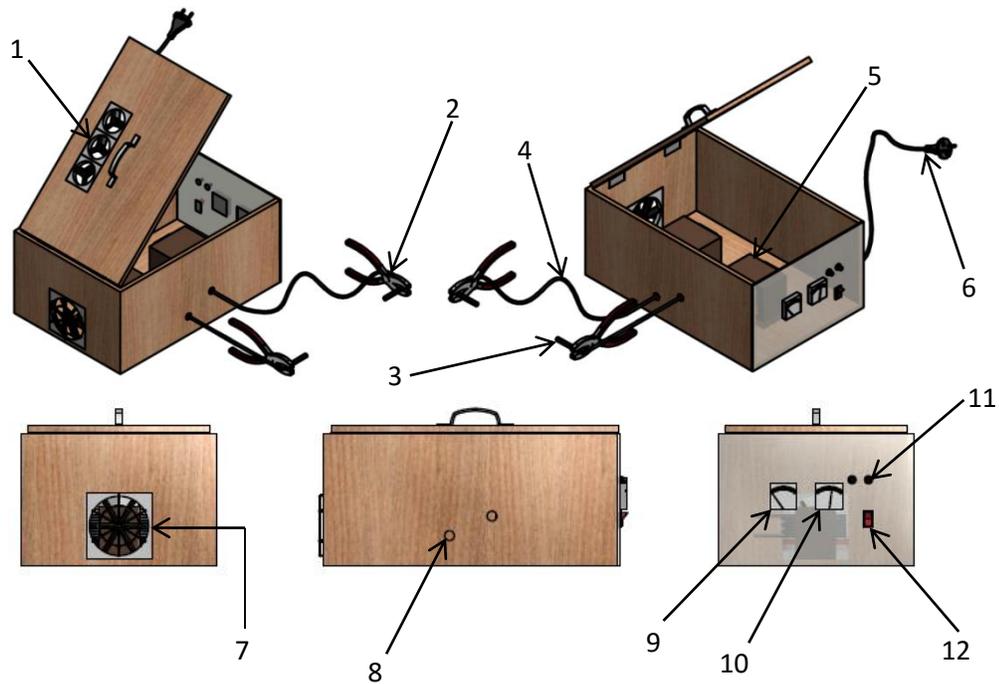
Gambar 4.5 Tutup Tungku Peleburan 2D



Gambar 4.6 Tutup Tungku Peleburan 3D

4.6. Bagian – Bagian Mesin Busur Listrik

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



Gambar 4.7 Dapur Busur Listrik 3D

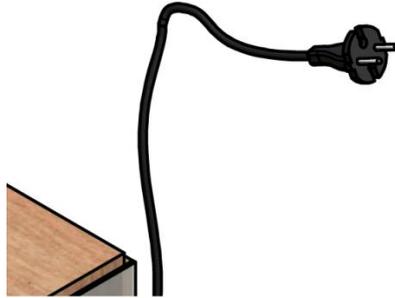
Keterangan :

1. *Fan In* : 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. *Fan Out* : 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/mematikan alat.

4.7. Penjelasan Cara Kerja Penggunaan Alat

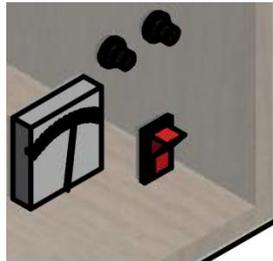
Berikut merupakan penjelasan cara menggunakan alat busur listrik tersebut :

1. Colokan steker ke sumber listrik/stop kontak.



Gambar 4.8 Kabel Steker

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



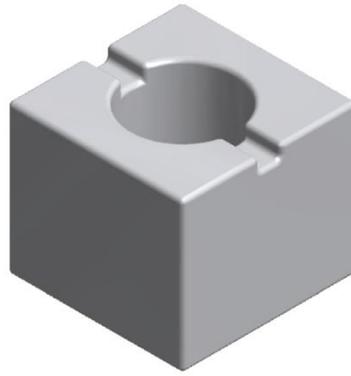
Gambar 4.9 Saklar On/Off

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



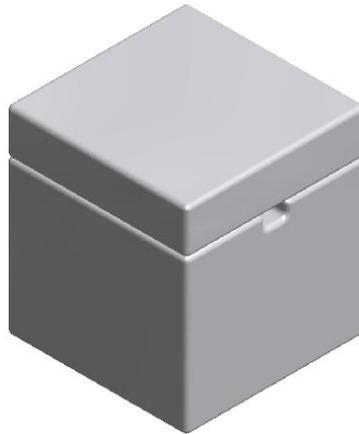
Gambar 4.10 Elektroda Karbon Kutub (+) dan Kutub (-)

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



Gambar 4.11 Tungku Peleburan

- Tutup tungku saat proses peleburan.



Gambar 4.12 Tungku Ketika Ditutup

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



Gambar 4.13 Proses Peleburan Menggunakan Busur Listrik

7. Tunggu hingga aluminium mencair.
8. Matikan mesin busur listrik.
9. Selesai.

4.8. Spesifikasi Dapur Busur Listrik Skala Laboratorium

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

Tabel 4.1 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

4.9. Analisis Biaya Perancangan Dapur Busur Listrik

Untuk mengetahui perkiraan biaya untuk memproduksi dapur busur listrik skala laboratorium ini dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.2 Analisis Biaya Pembutan Dapur Busur Listrik
Skala Laboratorium

No.	Nama Komponen	Jumlah/Ukuran	Harga
1	Transformator	2	Rp 600.000
2	Kawat Tembaga	3 Kg	Rp 390.000
3	Papan Kayu	250x150x1 (cm)	Rp 25.000
4	Akrilik	2 mm (25 cm x 50 cm)	Rp 50.000
5	<i>Fan In</i>	3 (6 cm x 6 cm)	Rp 45.000
6	<i>Fan Out</i>	1 (9 cm x 9 cm)	Rp 17.000
7	<i>Amperemeter</i>	1 (50 A AC/DC)	Rp 75.000
8	<i>Voltmeter</i>	1 (30 A AC/DC)	Rp 75.000
9	<i>Fire Brick (Bata Api)</i>	1	Rp 25.000
10	Sekring	2 (15 A)	Rp 15.000
11	Tang	2	Rp 120.000
12	Steker	1	Rp 5.000
13	Kabel	5 m	Rp 25.000
14	Engsel	2	Rp 5.000
15	Handle	1	Rp 5.000
16	Karbon	2	Rp 7.500
17	Skun Kabel Tembaga	2	Rp 24.000
18	Mur dan Baut	2 (M8 x 20)	Rp 2.000
19	Jasa Perancangan		Rp 150.000
Jumlah			Rp 1.660.500