

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Merancang Incinerator

Berikut ini tahapan perancangan alat pembakar sampah :

4.1.1. Penentuan Requirement List

Mendefinisikan *requirement list* atau mendefinisikan kriteria merupakan proses perumusan fungsionalitas yang diharuskan dan tidak diharuskan pada alat yang dirancang. Kriteria yang ditentukan dapat berupa informasi mengenai fungsi, geometri, material, manufaktur, operasi, biaya dan faktor keamanan dalam desain. Kemudian untuk menentukan kriteria alat yang akan dirancang, setiap informasi dapat dibagi menjadi dua yaitu permintaan dan harapan. Permintaan adalah kriteria yang harus dimiliki oleh alat yang akan dirancang agar fungsi alat yang diharapkan dapat tercapai, sedangkan harapan merupakan kriteria yang tidak mempengaruhi fungsi utama alat sehingga biasanya dapat memberikan nilai tambah pada alat yang akan dirancang.

Tabel 4. 1 Requirement List incinerator

Kriteria yang dibutuhkan		Tingkat	Pembobotan
Uraian		Kepentingan	Kepentingan
1	Mampu membakar sampah dengan baik	Permintaan	10
2	Membakar 25 kg sampah sekali pembakaran	Permintaan	10
3	Mudah dalam pembuatan	Permintaan	10
4	Biaya pembuatan murah	Permintaan	10
5	Minim emisi gas buang	Harapan	5
6	Tahan Korosi	Harapan	1
7	Tidak Meledak Saat Penggunaan	Permintaan	10

4.1.2. Penentuan House of Quality (HOQ)

House of Quality (HOQ) merupakan salah satu metode menggunakan matriks yang mendukung *QFD (Quality Function Development)*, menggunakan matriks yang menghubungkan keinginan dengan langkah desain sehingga desainer dapat memfokuskan pada karakteristik yang berharga dan penting. (Alexander et al., 2015). Berdasarkan *requirement list* pada **tabel 3.2** dan maka dapat dibuat *house of quality* sebagai berikut:

Tabel 4. 2 *House of Quality (HOQ)*

Kolom		1	2	3	4	5	
No.	Kareteristik Teknis						
	Kebutuhan dan Keinginan						
		Pembobotan Kepentingan	Dimensi ukuran sesuai	Suhu Pembakaran Sesuai	Menggunakan penyangar udara	Bahan dan alat mudah didapat	Jenis Bahan Kuat
1	Mampu membakar sampah dengan baik	10	1	9	1	1	1
2	Membakar 25 kg sampah sekali pembakaran	10	1	9	1	1	1
3	Mudah dalam pembuatan	10	9	1	1	9	3
4	Biaya pembuatan murah	10	1	1	9	1	3
5	Minim emisi gas buang	5	1	3	9	1	1
6	Tahan Korosi	1	1	1	1	1	9
7	Tidak Meledak Saat Penggunaan	10	9	9	1	1	3
Skor			216	306	176	136	124
Ranking			2	1	3	4	5

Menentukan spesifikasi kebutuhan dilakukan untuk menerjemahkan apa yang menjadi keinginan dari pembeli. Dari *House of Quality (HOQ)* yang sudah dibuat sebelumnya. didapat spesifikasi alat yang dibutuhkan *incinerator* sebagai berikut :

1. Suhu pembakaran sesuai berada di peringkat pertama

Suhu pembakaran yang sesuai berpengaruh tinggi pada desain *incinerator* karena suhu yang sesuai dapat mempengaruhi efisiensi pembakaran dan kemampuan pengolahan sampah. Dalam hal ini sampah yang dibakar pada penelitian kali ini adalah sampah plastik dan kertas yang sudah di cacah dan dipisahkan dari besi dan kaca. Memerlukan suhu 1000 °C untuk memastikan pembakaran efisien dan pengurangan sampah menjadi abu.

2. Dimensi ukuran sesuai berada di peringkat kedua

Didapatkan dimensi alat *Incinerator* $P \times L \times T = 800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}$. Karena nilai densitas sampah di fakultas teknik sebesar 342,61 Kg/m^3 (Haryadi et al., 2019) jika dikalikan dengan volume ruang bakar yang tersedia yaitu 0.64 m^3 didapat 219.27 kg kapasitas ruang bakar *incinerator*. Namun kapasitas sampah yang dapat dimasukan sekali pembakaran adalah 25 kg. Ruang bakar insenerator harus bertekanan negatif agar tidak terjadi *back pressure* yang dapat mengakibatkan kerusakan pada dinding ruang bakar. Untuk mendapatkan tekanan negatif pada ruang bakar *incinerator* aliran gas dalam ruang bakar harus baik dan mendapat ruang yang banyak. Maka jumlah sampah maksimal yang dapat dimasukan sekali pembakaran adalah 25 kg. tersedia 194.27 kg untuk aliran udara yang dibutuhkan untuk membakar sampah. (Mamat,2008)

3. Menggunakan alat penyaring udara berada di peringkat 3.

Penyaring udara dirancang untuk menangkap dan mengurangi konsentrasi emisi gas berbahaya tersebut sebelum dilepaskan ke udara. Alat penyaring udara yang digunakan adalah *Electric Precipitator*. *Electrostatic Precipitator* (ESP) adalah salah satu alternatif penangkap gas buang dengan cara melewatkan gas buang atau *flue gas* melalui suatu medan listrik yang terbentuk

antara *discharge electrode* dengan plat pengumpul, *flue gas* yang mengandung butiran debu pada awalnya bermuatan netral dan pada saat melewati medan listrik, partikel debu tersebut akan terionisasi sehingga partikel debu tersebut menjadi bermuatan negatif (-). Partikel debu yang bermuatan negatif kemudian menempel pada pelat – pelat pengumpul.

4.1.3. Penentuan Varian Terbaik

Pada tahapan ini ada beberapa varian-varian yang terdiri dari kombinasi elemen mesin yang benar dan optimal dengan fungsi *Incinerator* sebagai Pembakar sampah dimana komponen-komponen tersebut memiliki varian-varian yang memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing untuk mencapai fungsi kerja terbaik. Oleh sebab itu, akan dijabarkan beberapa varian komponen yang digunakan serta beberapa varian bentuk. Jumlah kategori varian ini ada 2 macam dengan masing-masing memiliki 2 varian yang berbeda satu dengan yang lainnya. Berikut ini beberapa varian *incinerator*, sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Varian Incinerator

No	Varian	A	B
1	Lapisan Ruang Bakar	Batu Bata Tahan Temperatur Tinggi	Batu Bata Biasa
2	Bentuk Ruang Bakar	Kubus	Silinder

Dari beberapa varian yang telah ditentukan pada tabel di atas maka dari varian tersebut dapat dikombinasikan agar didapatkan varian terbaik. Adapun kombinasi varian pada tabel berikut

Tabel 4. 4 Varian Incinerator

Jenis Varian	Keterangan
Varian 1 (1A-2A)	Batu Bata Tahan Temperatur Tinggi - Kubus

Jenis Varian	Keterangan
Varian 2 (1B-2A)	Batu Bata Biasa - Kubus
Varian 3 (1A-2B)	Batu Bata Tahan Temperatur Tinggi - Silinder
Varian 4 (1B-2B)	Batu Bata Biasa - Silinder

Setelah penyusunan kombinasi varian pada tabel di atas, terdapat 4 untuk *incinerator* dipilih salah satu yang terbaik. Varian tersebut kemudian dipilih melalui tabel pada halaman selanjutnya:

Tabel 4. 5 Solusi Varian Alat

Pemilihan Varian Terbaik Alat								
	Solusi di evaluasi dengan:						Keputusan	
	(+) Ya (-) Tidak (?) Kurang informasi (!) Tinjau kembali (cek <i>requirements list</i>)						(+) Solusi Dilanjutkan (-) Solusi Ditolak (?) Kumpulkan informasi (!) Tinjau kembali	
	Daftar Spesifikasi							
	Kompatibel untuk fungsi keseluruhan						Keputusan	
	Memenuhi kebutuhan spesifikasi							
	Secara prinsip dapat diwujudkan							
	<i>Safety</i>							
	Tahan Suhu Tinggi							
	Informasi memadai							
	A	B	C	D	E	F	Keterangan	
V1	+	+	+	+	+	?	Variasi Yang dipilih	+
V2	+	-	+	-	-	?	Tak Bisa menahan suhu tinggi	-
V3	-	-	-	+	-	?	Sulit Dalam Pembuatan	-
V4	-	-	-	-	-	?	Sulit dalam Pembuatan tak tahan suhu tinggi	-

4.1.4. Perancangan Insinerator

Setelah dipilih satu varian terbaik dari 4 varian-varian lainnya, dan ditentukan juga spesifikasinya maka akan dilakukan proses perhitungan dari berbagai aspek pendukung pembakaran sampah dapat dirancang dan tentunya berjalan sesuai dengan fungsinya. Komponen utama pada rangkaian ini adalah Tungku Pembakaran, Tungku Penyaring Udara dan Laci sisa pembakaran. Luas tempat pengolahan sampah yang tersedia dengan luas 1 m³. Maka ditentukan dimensi incinerator 800mm x 800mm x 1000mm. Untuk Gambar Teknik Incinerator terdapat dalam lampiran.

$$\begin{aligned}V &= P \times L \times T \\ &= 800\text{mm} \times 800\text{mm} \times 1000\text{mm} \\ &= 640.000.000 \text{ mm}^3 \\ &= 0,64 \text{ m}^3\end{aligned}$$

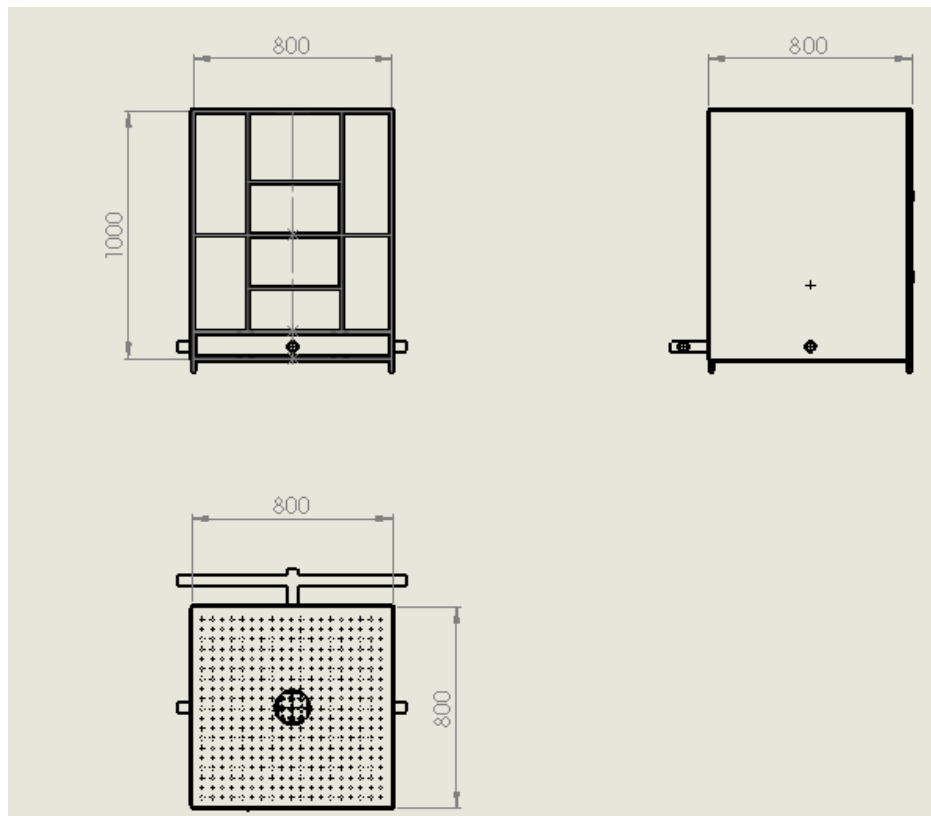
Nilai densitas sampah di fakultas teknik sebesar 342,61 Kg/m³ (Haryadi et al., 2019) jika dikalikan dengan volume ruang bakar yang tersedia yaitu 0.64 m³ didapat 219.27 kg kapasitas ruang bakar *incinerator*. Namun kapasitas sampah yang dapat dimasukan sekali pembakaran adalah 25 kg. Ruang bakar insenerator harus bertekanan negatif agar tidak terjadi *back pressure* yang dapat mengakibatkan kerusakan pada dinding ruang bakar. Untuk mendapatkan tekanan negatif pada ruang bakar *incinerator* aliran gas dalam ruang bakar harus baik dan mendapat ruang yang banyak. Maka jumlah sampah maksimal yang dapat dimasukan sekali pembakaran adalah 25 kg. tersedia 194.27 kg untuk aliran udara yang dibutuhkan untuk membakar sampah. (Mamat,2008)

Perancangan Insinerator dilakukan dengan menggunakan *software* CAD apabila sudah sesuai spesifikasi Kapasitas *Incinerator* yang dibutuhkan 25 kg, Agar alat mudah dalam fabrikasi alat dibentuk Kubus Dimensi Ruang Bakar Insinerator 800 mm x 800 mm. Tinggi alat yang adalah 1 meter. Bentuk Ruang Bakar Kubus.

4.2.Pembuatan Incinerator

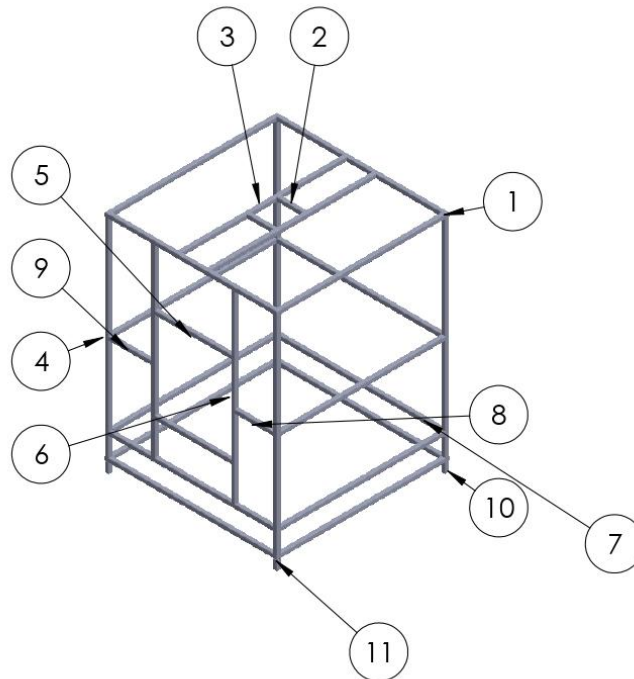
4.2.1. Pembuatan Ruang Pembakaran

Ruang bakar dirancang dan di manufaktur dengan dimensi 800 mm x 800 mm x 1000 mm. Ruang Pembakaran dilapisi bata tahan api SK-34, digunakan juga semen tahan api SK-34 sebagai bahan perekat antar bata. Gambar Teknik Terdapat pada halaman lampiran.



Gambar 4. 1 Dimensi Ruang Bakar *Incinerator*

Agar ruang bakar dapat berdiri digunakan penyangga dengan bahan besi square pipe. Rangka besi di sambung dengan menggunakan metode pengelasan SMAW. Berikut ini adalah gambar rangka ruang bakar *Incinerator*.

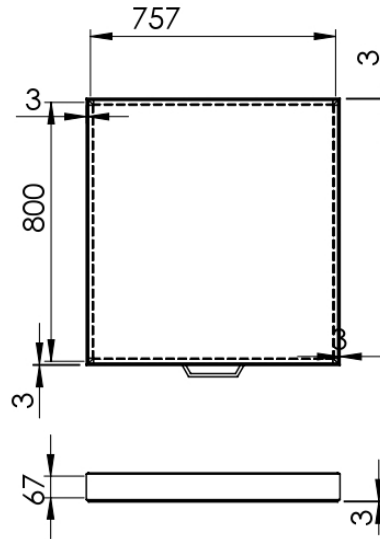


ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	8	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	820
2	2	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	128
3	2	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	788
4	4	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	988
5	2	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	368
6	2	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	878
7	7	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	780
8	2	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	180
9	2	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	200
10	4	END CAP	-
11	4	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	40

Gambar 4.2 Rangka Ruang bakar

Dimensi Ruang Bakar 800 mm x 800 mm x 1000 mm. dibutuhkan 21216 mm besi hollow. Untuk kerangka dilapisi 4 Plat 1000 x 800 mm x 1mm, 3 plat 800 mm x 800 mm. Gambar Teknik Terdapat pada halaman lampiran.

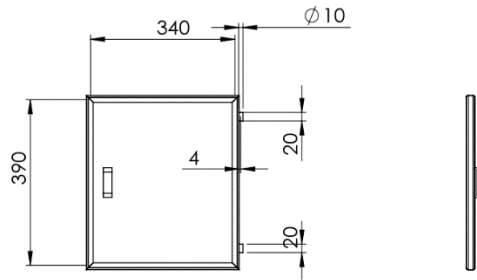
Dibagian bawah Ruang bakar terdapat laci tempat sisa Pembakaran Gambar 4.3 Menunjukkan dimensi dari laci tempat sisa pembakaran.



ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	4	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	777
2	4	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	820
3	4	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	47
4	1		
5	2		
6	2		
7	1		

Gambar 4.3 Dimensi Rangka Laci Pembakaran

Dimensi Laci Pembakaran 800 mm x 757 mm x 67 mm. dibutuhkan 6576 mm besi hollow. Untuk kerangka dilapisi 1 Plat 757 x 800 mm, 2 plat 800 mm x 67 mm dan 2 plat 757 mm x 67 mm x 1mm.



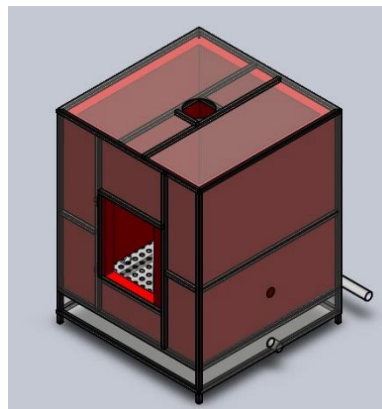
ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	2	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	410
2	2	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	360
3	1	PLAT 378 X 328	
4	2	ENGSEL	
5	1	GAGANG PINTU	

Gambar 4.4 Dimensi Pintu Ruang Bakar

Dimensi Pintu ruang Pembakaran 390 mm x 340mm. dibutuhkan 1540 mm besi hollow. Untuk kerangka dilapisi 1 Plat 390 mm x 340mm x 1mm, dan satu gagang pintu juga dua engsel. Gambar Teknik Terdapat pada halaman lampiran.

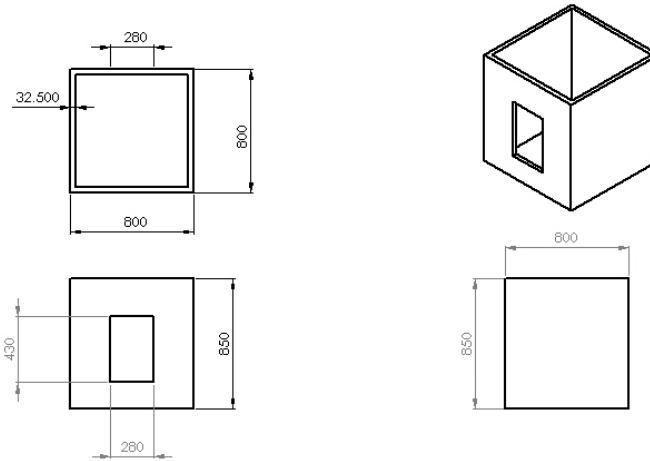
4.2.2. Pemasangan Bata dan Semen Tahan Api

Bata dan semen di butuhkan untuk melapisi Besi bagian luar ruang bakar Juga berfungsi sebagai lapisan ruang bakar pertama yang terkena oleh api. Seperti bisa dilihat pada gambar 4.6 Lapisan bata terletak pada dalam rangka ruang bakar.



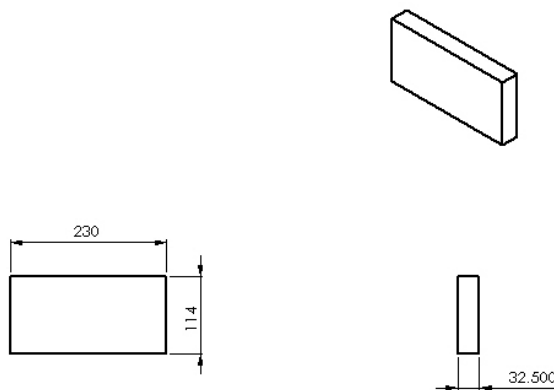
Gambar 4.5 Lapisan Ruang bakar

Pada gambar Gambar 4.7 Dimensi Lapisan Ruang bakar incinerator. Lapisan bata ruang bakar berdimensi 800 mm x 800 mm x 850 mm, dengan tebal bata 32.5 mm. dan terdapat lubang persegi untuk memasukan sampah dengan dimensi 430 mm x 200 mm. Dari perhitungan maka didapatkan volume ruang bakar bata adalah 80895750 mm³.



Gambar 4.6 Dimensi Lapisan Ruang bakar

Pada gambar Gambar 4.8 Dimensi Batu Bata SK-34. berdimensi 230 mm x 114 mm, dengan tebal bata 32.5 mm. Dari perhitungan maka didapatkan volume ruang bakar bata adalah 852150 mm³.

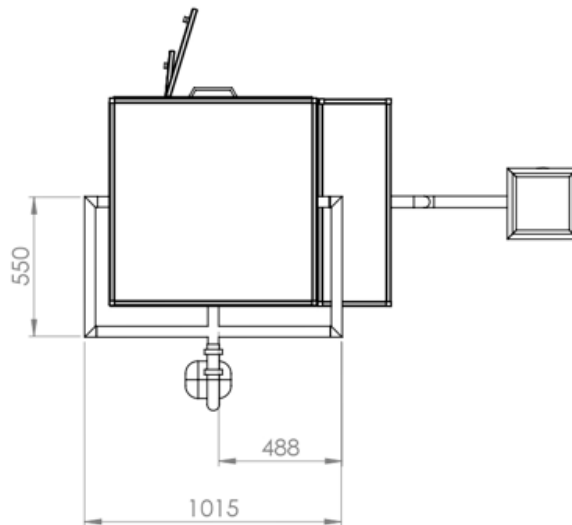


Gambar 4.7 Dimensi Batu Bata SK-34

Untuk Mengetahui Jumlah batu bata SK-34 yang diperlukan untuk melapisi bagian Ruang bakar. Maka Volume lapisan ruang bakar dibagi oleh Volume Batu Bata SK-34. Diketahui Volume lapisan ruang bakar 80895750 mm^3 Diketahui volume batu bata SK-34 852150 mm^3 . 94 Buah Batu Bata SK-34. diperlukan 5 Kg semen Sk-34 untuk memasang bata. Karena untuk memasang 20 Batu bata SK-34 Dibutuhkan 1 Kg Semen SK-34

4.2.3. Pembuatan Sistem Udara Masuk

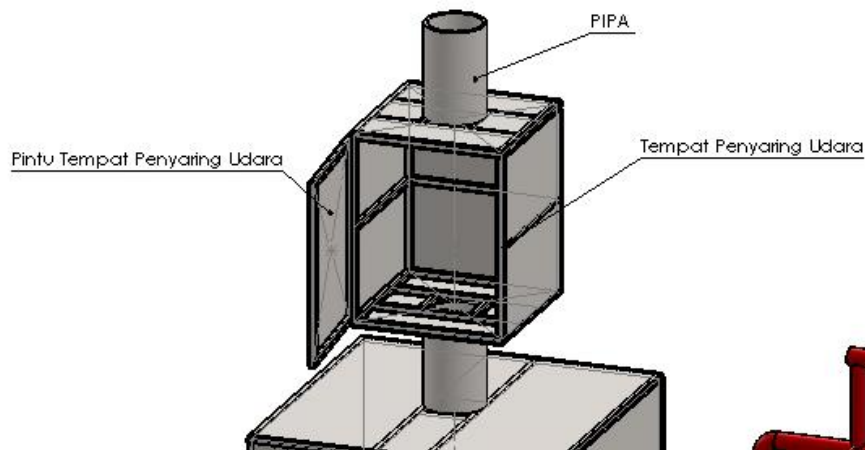
Udara dibutuhkan dalam insinerator untuk memberikan oksigen yang diperlukan dalam proses pembakaran Sampah. Oksigen adalah komponen penting dalam reaksi kimia pembakaran, di mana limbah organik dan non-organik diubah menjadi gas-gas yang lebih aman dan abu. Udara Masuk Melalui blower yang di salurkan menggunakan pipa PVC berukuran diameter 2.5 inci. Total Panjang Pipa PVC yang Dibutuhkan adalah 2115 mm.



Gambar 4.8 Dimensi Sistem Udara Masuk

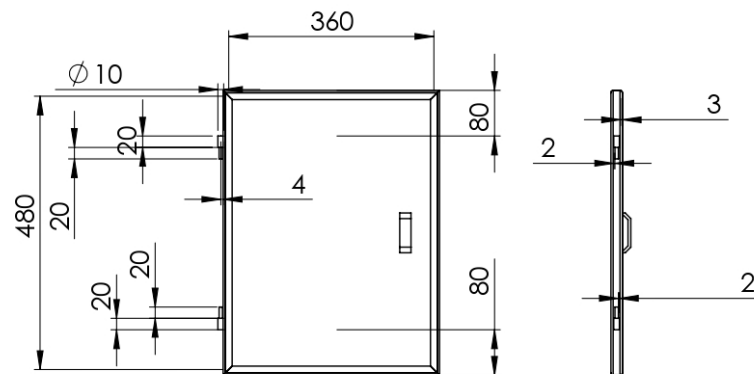
4.2.4. Pembuatan Sistem Penyaring Saluran Udara Keluar

Sistem Penyaring saluran udara keluar berfungsi sebagai filter emisi sisa pembakaran sampah di ruang bakar. Perancangan dan Manufaktur bagian ini meliputi tempat penyaring udara dan Pintu Tempat Penyaring Udara Juga dua Pipa besi Berdiameter 160 mm dengan Panjang 250mm tiap buahnya.



Gambar 4.9 Sistem Penyaring saluran udara keluar

a. Pintu Tempat penyaring Udara

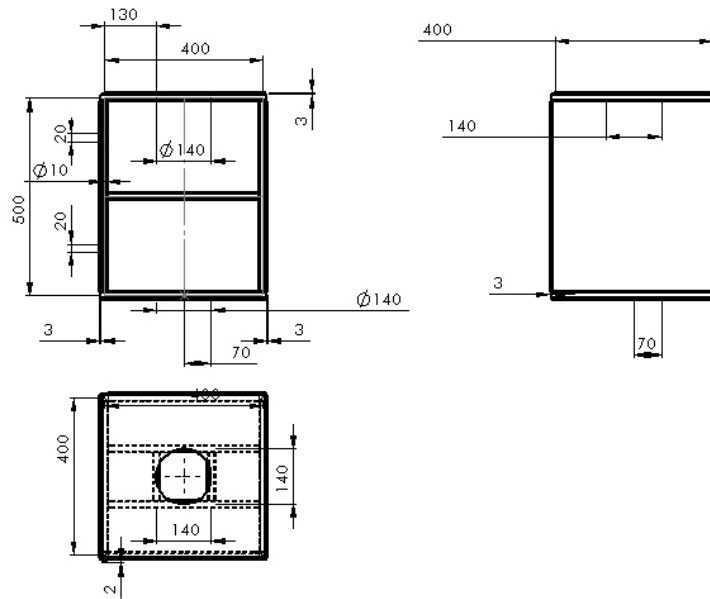


ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	2	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	500
2	2	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	380
3	1	PLAT 468 X 348	
4	2	ENGSEL	
5	2		
6	1		

Gambar 4.10 Dimensi Pintu Tempat penyaring Udara

Pada Gambar 4.11 menjelaskan dimensi pintu adalah 480mm x 360mm, dengan tebal 3 mm. besi Hollow yang dibutuhkan 1760 mm untuk membuat pintu tempat penyang air. 2 buah engsel dan satu plat berdimensi 468 mm x 348 mm.

b. Tempat Penyang Air



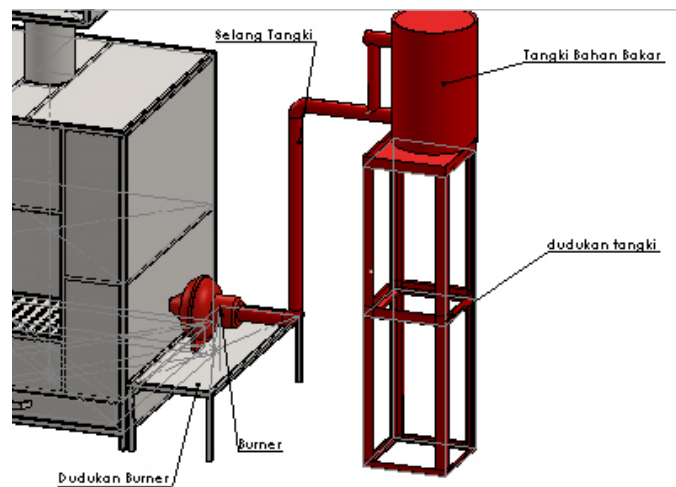
ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	8	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	420
2	4	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	120
3	7	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	380
4	4	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	480
5	2	PLAT 412 x412, LUBANG 4"	
6	1	PLAT 480 x 412	
7	2	PLAT 480 x 412	
8	2	ENGSEL PINTU	

Gambar 4.11 Dimensi Tempat Penyang Air

Pada Gambar 4.12 menjelaskan dimensi Tempat penyang air yang berbentuk kubus dengan dimensi 400 mm x 400 mm x 500mm, dengan tebal 3 mm. besi Hollow yang dibutuhkan 1760 mm untuk membuat pintu tempat penyang air. 2 buah engsel dan 3 plat berdimensi 480 mm x 412 mm. 2 plat berdimensi 412 mm x 412 mm x 1mm dilubangi 4 inch.

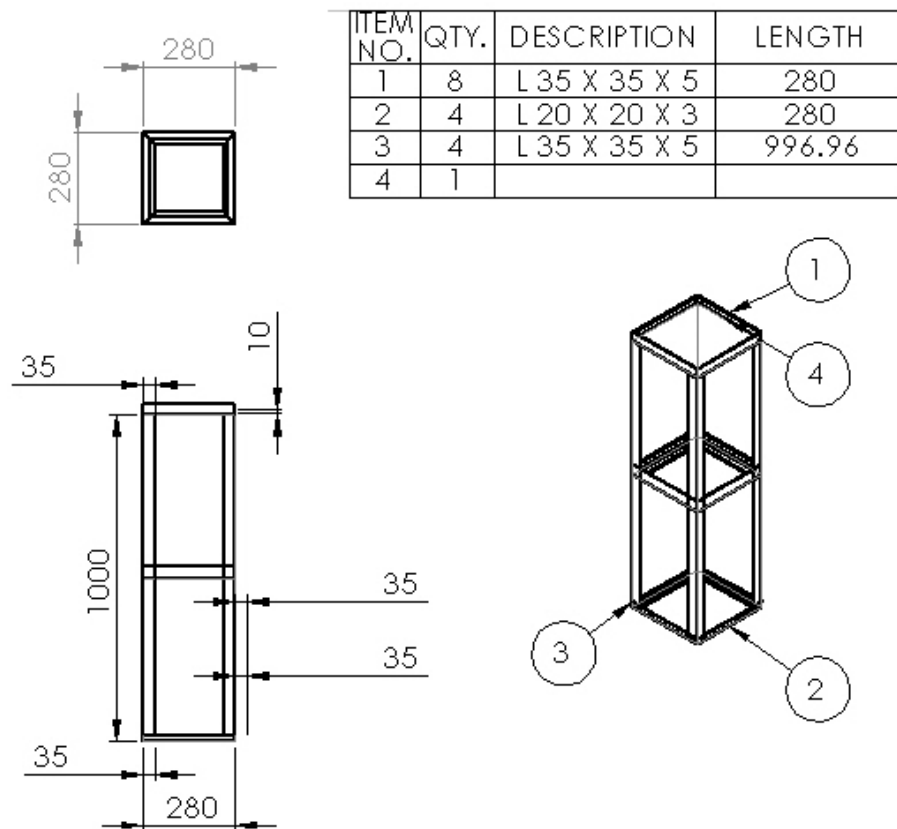
4.2.5. Pemasangan Pemantik Api Pembakar Sampah

Pemantik api ini berfungsi untuk memantik api awal ke sampah. Setelah api menyala api dari burner akan dimatikan. Burner membutuhkan bahan bakar agar dapat menyala. Bahan bakar ditempatkan didalam Tangki bahan bakar. Untuk mengalir ke burner tangki diletakan lebih tinggi dari pada burner. Maka perancangan dan manufaktur bagian ini meliputi dudukan burner dan tangki bahan bakar.



Gambar 4.12 Sistem Pemantik Api Pembakar Sampah

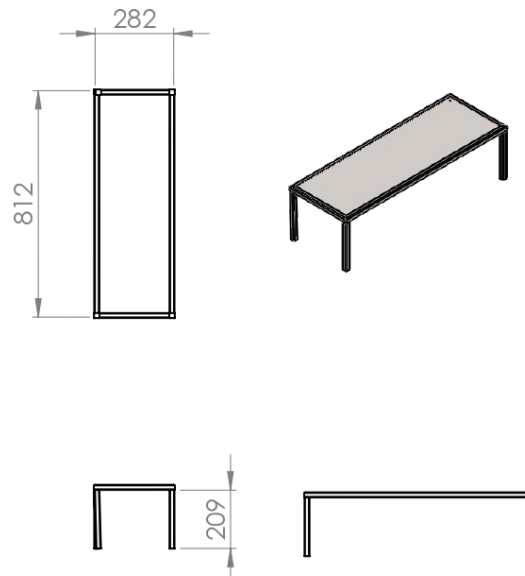
a. Dudukan tangki



Gambar 4.13 Dimensi dudukan tangki

Pada Gambar 4.14 menjelaskan dimensi Dudukan tangki dengan dimensi 280 mm x 280 mm x 1000mm. menggunakan besi L yang dibutuhkan 7360 mm untuk membuat dudukan tangki bahan bakar. 1 plat berdimensi Panjang x Lebar x Tinggi 280 mm x 280 mm x 1 mm. .

b. Dudukan *Burner*



ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	2	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	820
2	2	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	290
3	4	ENDCAP	
4	3	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	209
5	1	TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2	209.26
6	1	PLAT 812 x 282	

Gambar 4.14 Dimensi Dudukan *Burner*

Pada Gambar 4.15 menjelaskan dimensi Dudukan tangki dengan dimensi 812 mm x 282 mm x 219 mm. menggunakan besi hollow yang dibutuhkan 3100 mm untuk membuat dudukan buner. 1 plat berdimensi Panjang x Lebar x Tinggi 812 mm x 282 mm x 1mm.

c. Tangki Bahan Bakar



Gambar 4.15 Tangki Bahan Bakar

Tangki bahan bakar dibuat dari tangki bekas berdiameter 210 mm dengan tinggi 410 mm. mampu menampung bahan bakar 28.29 liter bahan bakar. Agar dapat mengalir tangka besi ini dilubangi dan disambung dengan valve yang nanti membuka tutup untuk mengalirkan bahan bakar menuju burner. Gambar Teknik Terdapat pada halaman lampiran.

4.2.6. Anggaran Biaya Pembuatan Incinerator

Adapun rencana perkiraan anggaran biaya yang digunakan pada penelitian ini meliputi pembelian alat dan Manufaktur *incinerator*. Pada Tabel 4.1 dapat dilihat Rencana Anggaran Biaya.

Tabel 4. 6 Rencana Anggaran Biaya

Bahan	Unit	Spesifikasi	Harga/unit	Jumlah	total
Termokopel	1 unit	Tipe K	Rp 225,000.00	4	Rp 900,000.00
Bata Tahan Api	1 buah	SK-34	Rp 13,500.00	90	Rp 1,215,000.00
Semen Tahan Api	1 kg	SK-34	Rp 24,000.00	5	Rp 120,000.00
Square Tube	6 m	20 mm x 20 mm x 2 mm	Rp 57,000.00	9	Rp 513,000.00
Plat Baja Perforated (Berlubang)	1 unit	800 mm x 800 mm x 0.8 mm	Rp 240,000.00	1	Rp 240,000.00
Plat Baja	1 unit	1200 mm x 2400 mm x 1.2 mm	Rp 75,000.00	24	Rp 1,800,000.00
Engsel	1 buah	-	Rp 65,000.00	4	Rp 260,000.00
L angle	1000mm	35 mm x 35 mm x 5 mm	Rp 75,000.00	7	Rp 525,000.00
Blower	1 unit	NRT-Pro	Rp 290,000.00	1	Rp 290,000.00
Burner	1 unit	Rotary Cup Oil Burner Horng Min	Rp 3,500,000.00	1	Rp 3,500,000.00
Cat Insinerator	1 unit	-	Rp 200,000.00	1	Rp 200,000.00
Tanki Bahan Bakar	1 unit	-	Rp 62,000.00	1	Rp 62,000.00
Selang	2 m	Diameter 1 in	Rp 34,000.00	1	Rp 34,000.00
Clamp Selang	1 unit	Diameter 1 in	Rp 2,000.00	4	Rp 8,000.00
Ducting	1 unit	-	Rp 23,000.00	1	Rp 23,000.00
Kawat tembaga	6 m	Diameter 3 mm	Rp 102,000.00	1	Rp 102,000.00
Capit Buaya	1 unit	-	Rp 2,500.00	3	Rp 7,500.00
Binding Post	1 unit	-	Rp 7,500.00	1	Rp 7,500.00
Kabel	3 m	-	Rp 5,400.00	3	Rp 16,200.00
Total Keseluruhan					Rp 9,823,200.00

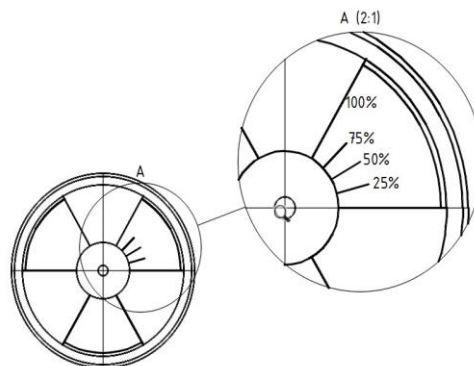
Biaya ini merupakan sebuah perkiraan yang disusun berdasarkan perbandingan harga-harga yang umumnya berlaku di wilayah Kota Cilegon dan Serang. Perhitungan biaya ini merujuk kepada standar tarif dan harga yang berlaku di dua kota tersebut, yang digunakan sebagai landasan untuk mengestimasi biaya yang mungkin akan diperlukan dalam proyek selanjutnya. Dengan mempertimbangkan perbedaan harga dikota lain. estimasi ini dapat memberikan gambaran yang cukup akurat mengenai biaya yang dapat diantisipasi dalam konteks lokasi lain. Namun, perlu diingat bahwa estimasi ini bersifat perkiraan dan dapat berubah tergantung pada berbagai faktor, seperti jenis bahan yang digunakan, dan perubahan harga pasar yang mungkin terjadi di masa mendatang.

4.3. Hasil Pengujian

Berikut ini adalah hasil penelitian laju aliran udara dan emisi gas buang alat pembakar sampah

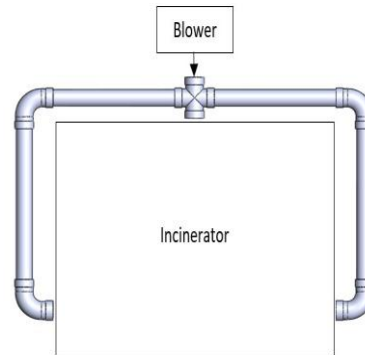
4.3.1 Laju Aliran Massa Udara dan Bahan Bakar Pembakaran

Dalam penentuan besaran laju aliran massa udara pada aliran pipa yang dihasilkan dari *blower*, perlu untuk diketahuinya kecepatan udara yang dialirkan oleh *blower* ke ruang tungku pembakaran melalui pipa yang dianggap sebagai *primary air*, didasari oleh ketentuan perbedaan bukaan katup udara *blower* yang kemudian dijadikan dalam bentuk debit aliran udara. Penetapan bukaan katup udara pada *blower* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.16 Bukaan Katup Udara Blower

Mengetahui besar kecepatan rata-rata udara pada tiap bukaan katup udara blower yang diukur dengan menggunakan alat ukur anemometer selama 30 detik dapat dilihat pada tabel, juga skema posisi pipa terhadap blower dan ruang tungku terdapat pada gambar berikut:



Gambar 4.17 Skema Laju Udara Primer

Pengukuran kecepatan udara pada *blower* diambil pada titik di mulut *blower* yang mengarah ke pipa seperti Gambar 4.2 dengan pengambilan data kecepatan udara menggunakan alat ukur anemometer dan diukur selama 30 detik di tiap-tiap bukaan katup *blower*. Sehingga dalam mencari nilai laju aliran massa udara pembakaran pada tiap-tiap bukaan katup *blower* dapat dicari terlebih dahulu dengan sebagai berikut.

Tabel 4.7 Kecepatan Udara Per Bukaan Katup *Blower*

O_{bukaan} (%)	Kecepatan Udara (m/s)
50	6,81
75	8,76
100	9,80

A. Luas penampang blower

$$d_{\text{blower}} = 63,5 \text{ mm} = 0,0635 \text{ m}$$

a. Bukaannya katup 50%

$$A_{\text{blower}} = \left(\frac{1}{4} \pi d^2\right) \mathbf{O}_{\text{bukannya}}(\%)$$

$$A_{\text{blower}} = \left(\frac{\pi}{4} \times (0,0635 \text{ m})^2\right) \times \frac{1}{2}$$

$$A_{\text{blower}} = 1,58 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

b. Bukaannya katup 75 %

$$A_{\text{blower}} = \left(\frac{1}{4} \pi d^2\right) \mathbf{O}_{\text{bukannya}}(\%)$$

$$A_{\text{blower}} = \left(\frac{\pi}{4} \times (0,0635 \text{ m})^2\right) \times \frac{3}{4}$$

$$A_{\text{blower}} = 2,38 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

c. Bukaannya katup 100 %

$$A_{\text{blower}} = \left(\frac{1}{4} \pi d^2\right) \mathbf{O}_{\text{bukannya}}(\%)$$

$$A_{\text{blower}} = \left(\frac{\pi}{4} \times (0,0635 \text{ m})^2\right) \times 1$$

$$A_{\text{blower}} = 3,17 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

B. Debit aliran udara

a. Bukaannya katup 50%

$$Q_{\text{udara}} = v_{50} \times A_{\text{blower}}$$

$$Q_{\text{udara}} = 6,81 \text{ m/s} \times 1,58 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{udara}} = 0,0108 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Buka an katup 75%

$$Q_{udara} = v_{75} \times A_{blower}$$

$$Q_{udara} = 8,76 \text{ m/s} \times 2,38 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q_{udara} = 0,0208 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Buka an katup 100%

$$Q_{udara} = v_{75} \times A_{blower}$$

$$Q_{udara} = 9,80 \text{ m/s} \times 3,17 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q_{udara} = 0,0311 \text{ m}^3/\text{s}$$

C. Laju aliran massa udara

$$\rho_{udara} = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

a. Debit aliran udara 0,0108 m³/s (buka an katup 50%)

$$\dot{m}_{udara} = Q_{udara} \times \rho_{udara}$$

$$\dot{m}_{udara} = 0,0108 \text{ m}^3/\text{s} \times 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m}_{udara} = 0,0129 \text{ kg/s}$$

b. Debit aliran udara 0,0208 m³/s (buka an katup 75%)

$$\dot{m}_{udara} = Q_{udara} \times \rho_{udara}$$

$$\dot{m}_{udara} = 0,0208 \text{ m}^3/\text{s} \times 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m}_{udara} = 0,0250 \text{ kg/s}$$

c. Debit aliran udara 0,0311 m³/s (buka an katup 100%)

$$\dot{m}_{udara} = Q_{udara} \times \rho_{udara}$$

$$\dot{m}_{udara} = 0,0311 \text{ m}^3/\text{s} \times 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m}_{udara} = 0,0373 \text{ kg/s}$$

Dengan asumsi nilai $\rho_{udara} = 1,2 \text{ kg/m}^3$ untuk laju aliran udara dipersamaan 3.1, maka perhitungan di atas akhirnya didapatkannya nilai laju aliran massa udara yang mencakup semua bukaan katup udara yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.8 Nilai Laju Aliran Massa Udara Berdasarkan Bukaan Katup

Q_{udara} (m^3/s)	v_{udara} (m/s)	A_{blower} (m^2)	\dot{m}_{udara} (kg/s)
0,0108	6,81	$1,58 \times 10^{-3}$	0,0129
0,0208	8,76	$2,38 \times 10^{-3}$	0,0250
0,0311	9,80	$3,17 \times 10^{-3}$	0,0373

4.3.2 Perhitungan Laju Aliran Massa Bahan Bakar Sampah

Dalam perhitungan laju aliran massa bahan bakar dalam pembakaran sampah ini, laju aliran yang digunakan merupakan sampah yang dibakar dan solar yang digunakan. Dengan begitu, laju aliran massa bahan bakar dapat dihitung. Laju aliran massa bahan bakar yang menggunakan sampah bisa dengan mencari berat sampah awal sebelum pembakaran dan berat sampah setelah pembakaran yang dilakukan dalam rentang waktu 30 menit untuk pembakaran sampah 5 kg dan waktu 60 menit untuk pembakaran 25 kg. Untuk laju aliran massa bahan bakar yang menggunakan solar dapat diperoleh dari habisnya penggunaan bahan bakar yang dipakai selama pembakaran dengan waktu yang sudah ditentukan.

Tabel 4.9 Berat Akhir Bahan Bakar Sampah

Q_{udara} (m^3/s)	Berat Akhir Sampah (Kg)	
	5 Kg	25 Kg
0,0108	0,60	4,80
0,0208	0,40	4,50

0,0311	0,30	4,10
--------	------	------

A. 5 kg selama 30 menit

a. Debit aliran udara 0,0108 m³/s

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}}{t_{\text{pembakaran}}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{5 \text{ kg} - 0.6 \text{ kg}}{1800 \text{ s}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = 0,00244 \text{ kg/s}$$

b. Debit aliran udara 0,0208 m³/s

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}}{t_{\text{pembakaran}}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{5 \text{ kg} - 0.4 \text{ kg}}{1800 \text{ s}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = 0,00256 \text{ kg/s}$$

c. Debit aliran udara 0,0311 m³/s

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}}{t_{\text{pembakaran}}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{5 \text{ kg} - 0.3 \text{ kg}}{1800 \text{ s}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = 0,00261 \text{ kg/s}$$

B. 25 kg selama 60 menit

a. Debit aliran udara 0,0108 m³/s

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}}{t_{\text{pembakaran}}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{25 \text{ kg} - 4.8 \text{ kg}}{3600 \text{ s}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = 0,00561 \text{ kg/s}$$

b. Debit aliran udara 0,0208 m³/s

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}}{t_{\text{pembakaran}}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{25 \text{ kg} - 4.5 \text{ kg}}{3600 \text{ s}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = 0,00570 \text{ kg/s}$$

c. Debit aliran udara 0,0311 m³/s

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}}{t_{\text{pembakaran}}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{25 \text{ kg} - 4.1 \text{ kg}}{3600 \text{ s}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = 0,00581 \text{ kg/s}$$

Perhitungan di atas akhirnya didapatkannya nilai laju aliran massa sampah yang mencakup semua bukaan katup udara yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.10 Laju Aliran Massa Sampah Yang Terbakar

<i>Q</i> _{udara} (m ³ /s)	<i>m</i> _{Sampah} (kg/s)	
	5 Kg	25 Kg
0,0108	0,00244	0,00561
0,0208	0,00256	0,00570
0,0311	0,00261	0,00581

4.3.3 Penentuan Nilai *Air Fuel Ratio* (AFR)

Perhitungan dalam mencari nilai *air fuel ratio*, pada penelitian ini AFR itu sendiri merupakan rasio massa udara ke bahan bakar dalam pembakaran. Hal tersebut didapatkan dari nilai laju aliran massa udara dan nilai laju aliran massa bahan bakar pembakaran yang telah didapatkan pada perhitungan sebelumnya dan dilampirkan pada Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.11 Laju Aliran Massa Udara dan Bahan Bakar

Q_{udara} (m^3/s)	\dot{m}_{udara} (kg/s)	\dot{m}_{Sampah} (kg/s)	
		5 Kg	25 Kg
0,0108	0,0129	0,00244	0,00561
0,0208	0,0250	0,00256	0,00570
0,0311	0,0373	0,00261	0,00581

Data pada tabel yang di atas dimasukkan ke dalam perhitungan di bawah ini dalam mencari dan mendapatkan nilai *air fuel ratio* dengan perhitungan sebagai berikut:

A. Nilai *air fuel ratio* pada sampah 5 kg

- a. Debit aliran udara 0,0108 m^3/s

$$\begin{aligned} AFR &= \frac{\dot{m}_{\text{udara}}}{\dot{m}_{\text{Sampah}}} \\ AFR &= \frac{0.0129 \text{ kg/s}}{0.00244 \text{ kg/s}} \\ AFR &= 5.29 \end{aligned}$$

- b. Debit aliran udara 0,0208 m^3/s

$$\begin{aligned} AFR &= \frac{\dot{m}_{\text{udara}}}{\dot{m}_{\text{Sampah}}} \\ AFR &= \frac{0.0250 \text{ kg/s}}{0.00256 \text{ kg/s}} \\ AFR &= 9,77 \end{aligned}$$

c. Debit aliran udara 0,0311 m³/s

$$AFR = \frac{\dot{m}_{udara}}{\dot{m}_{sampah}}$$
$$AFR = \frac{0.0373 \text{ kg/s}}{0.00261 \text{ kg/s}}$$
$$AFR = 14,29$$

B. Nilai *air fuel ratio* pada sampah 25 kg

a. Debit aliran udara 0,0108 m³/s

$$AFR = \frac{\dot{m}_{udara}}{\dot{m}_{sampah}}$$
$$AFR = \frac{0.0129 \text{ kg/s}}{0.00561 \text{ kg/s}}$$
$$AFR = 2,30$$

b. Debit aliran udara 0,0208 m³/s

$$AFR = \frac{\dot{m}_{udara}}{\dot{m}_{sampah}}$$
$$AFR = \frac{0.0129 \text{ kg/s}}{0.00570 \text{ kg/s}}$$
$$AFR = 4,39$$

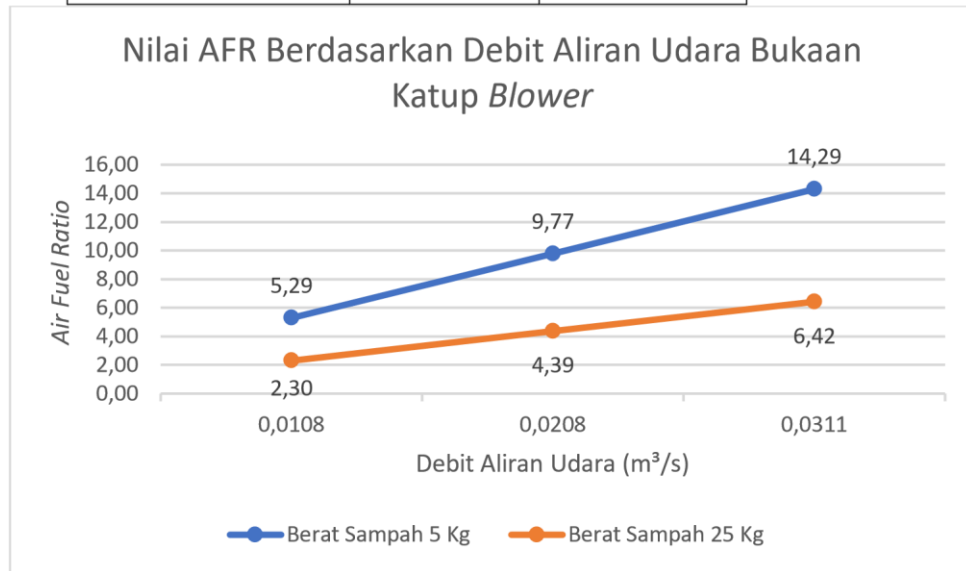
c. Debit aliran udara 0,0311 m³/s

$$AFR = \frac{\dot{m}_{udara}}{\dot{m}_{sampah}}$$
$$AFR = \frac{0.0129 \text{ kg/s}}{0.00581 \text{ kg/s}}$$
$$AFR = 6,42$$

Perhitungan di atas akhirnya didapatkannya nilai *air fuel ratio* pada pembakaran sampah yang mencakup semua debit aliran udara yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.12 Nilai *Air Fuel Ratio* Pada Pembakaran Sampah 5 dan 25 Kg

Q_{udara} (m^3/s)	AFR	
	5 Kg	25 Kg
0,0108	5,29	2,30
0,0208	9,77	4,39
0,0311	14,29	6,42



Gambar 4.18 Nilai AFR Berdasarkan Debit Aliran Udara

Pada Gambar 4.18 dapat terlihat perbandingan laju aliran massa udara dengan laju aliran massa bahan bakar baik yang berdasarkan berat akhir sampah dapat mempengaruhi besar dan kecilnya nilai *air fuel ratio*. Bahwa semakin besar laju aliran massa udara dan semakin kecil laju aliran massa bahan bakar, maka hasil nilai perbandingan jumlah udara dengan bahan bakar semakin besar. Hal ini juga berlaku sebaliknya, jika laju aliran massa udara lebih kecil dari laju aliran massa bahan bakar, maka hasil nilai perbandingan jumlah udara dengan bahan bakar semakin kecil.

4.3.1. Pengujian Emisi .

Pengujian pembakaran bertujuan untuk menguji alat dapat digunakan atau tidak berdasarkan penelitian yang dilakukan menggunakan insinerator kapasitas 25 kg. Dilakukan pembakaran sampah 25 Kg. pada pembakaran 25 Kg berlangsung selama 58 menit dengan sisa pembakaran 4.80 Kg pembakaran ini menghasilkan temperature paling tinggi 1060.75° C. Lalu dilakukan penelitian yang sebanyak tiga kali untuk melihat efektifitas penyaring udara (ESP). Dengan kondisi electrostatic precipitator (ESP) dalam keadaan mati dan tiga kali pada keadaan menyala adalah Terjadi penurunan nilai emisi pada masing masing zat yang terdapat di dalam gas buang yang keluar melalui cerobong asap pada kondisi ESP menyala. Terdapat 43% penurunan nilai CO pada gas buang, 18% penurunan HC, penurunan 10% pada CO₂, dan kenaikan 9% pada nilai O₂. Filter yang digunakan dalam proses penyaringan gas buang dengan ESP adalah dengan menggunakan pelat stainless steel. Tujuannya karena stainless steel memiliki durabilitas yang baik pada suhu tinggi dan memiliki nilai konduktivitas elektrik yang cukup baik. Temperatur di dalam ESP mencapai 400°C dan apabila menggunakan material yang tidak tahan panas maka akan berkarat menyebabkan umur pemakaian filter menjadi pendek. Pada gambar 4.17 menunjukkan salah satu pelat filter ESP pada kondisi sebelum melakukan pembakaran.



Gambar 4.19 Pelat Fliter ESP sebelum melakukan penyaringan

Pada kondisi sebelum melakukan penyaringan dapat dilihat bahwa pelat masih terlihat relatif bersih dan belum nampak adanya debu yang menempel pada pelat tersebut.



Gambar 4.20 Pelat Fliter ESP setelah melakukan penyaringan

Secara visual terdapat perbedaan yang signifikan pada penampakan fisik dari pelat filter. Pelat menguning dan terdapat banyak debu yang menempel pada pelat tersebut.