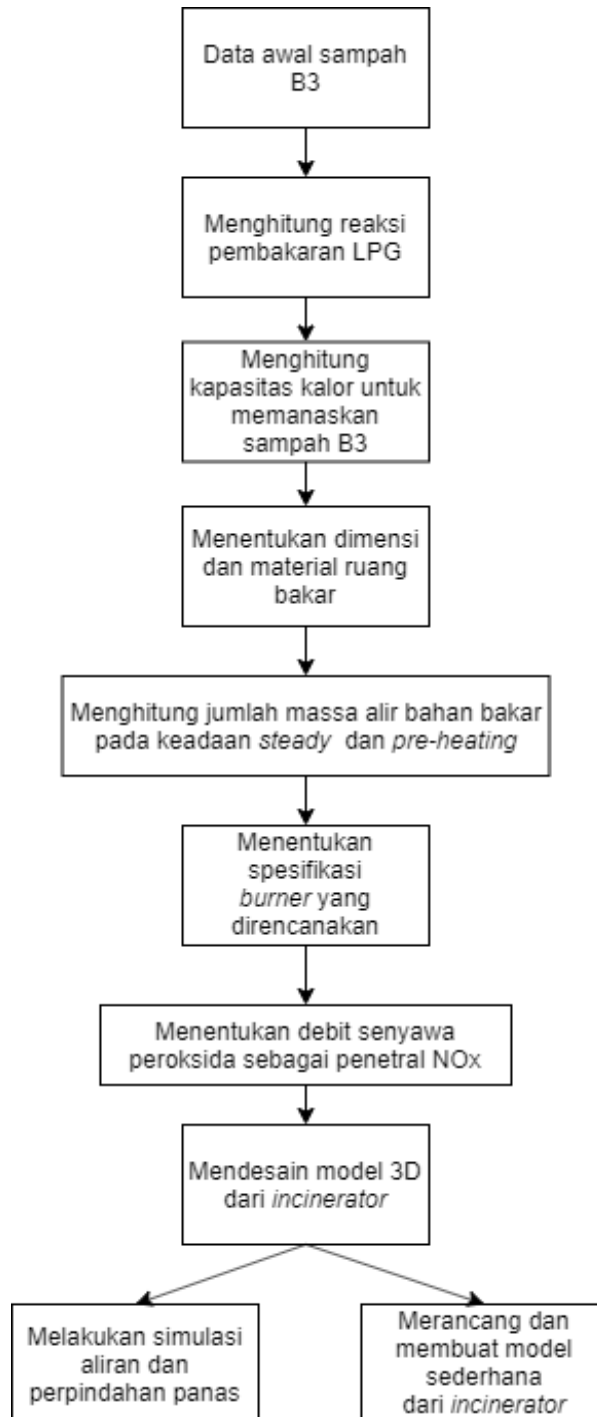


4. PERANCANGAN

Berikut merupakan alur dari tahapan-tahapan yang dilalui untuk merancang perhitungan mesin *incinerator* pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Proses perhitungan

4.1. Data Awal Pembakaran

Bahan bakar yang digunakan adalah *Liquified Petroleum Gas* (LPG) yang memiliki komposisi sebagai berikut :

- *Propane* : C_3H_8
- *Butane* : C_4H_{10}

Hal yang serupa dilakukan juga untuk mengetahui kesetaraan campuran bahan bakar LPG yang akan dibakar

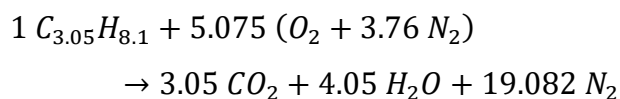
- Rasio komposisi campuran : $95 C_3H_8 : 5 C_4H_{10}$
- Kesetaraan campuran : $C_{3.05}H_{8.1}$

4.2. Menghitung Reaksi Pembakaran LPG

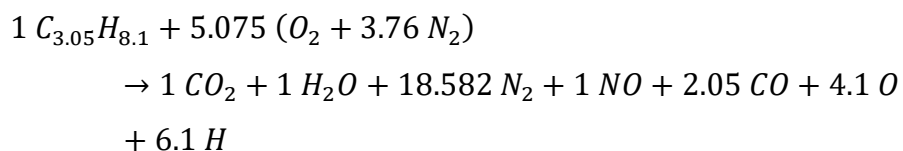
Penghitungan reaksi pembakaran dilakukan dengan 2 tahapan, yaitu dengan keadaan *stoichiometric combustion* dan *lean combustion*. Tiap keadaan dihitung menggunakan 2 metode pendekatan, yaitu *ideal combustion* dan *actual combustion* dengan bantuan *software*.

Perhitungan reaksi pembakaran pada bahan bakar LPG dalam keadaan *stoichiometric combustion* didapat dengan persamaan 2.1 dan 2.3:

- *Ideal combustion* :



- *Actual combustion* :



Dari reaksi kimia yang terjadi, didapat nilai dari *air to fuel ratio* (AFR) *stoichiometric* dengan persamaan 2.2.

$$AFR_{stoichiometric} = \frac{4.76 \cdot 5.075 \cdot [(0.21 \cdot 32) + (0.79 \cdot 28)]}{1 \cdot [(3.05 \cdot 12) + (8.1 \cdot 1)]} \\ = \frac{696.688}{44.7} = 15.586$$

AFR_{actual} didapat dengan persamaan 2.4 dengan nilai *Equivalence Ratio* (ϕ) sebesar 0.75, di mana nilai tersebut masuk pada rentang kondisi pembakaran miskin yang stabil untuk *incinerator* medis, yaitu 0.75 hingga 0.97 (Devi. S,2019).

$$AFR_{actual} = \frac{AFR_{stoichiometric}}{\phi} = \frac{15.586}{0.75} = 20.78$$

4.3. Menghitung Kapasitas Kalor untuk Memanaskan Sampah B3

Untuk memusnahkan bakteri, virus, dan segala bentuk penyakit yang tak terlihat oleh mata, sesuai PermenLHK No.56 Tahun 2015, sampah harus dipanaskan dengan suhu minimum 1000 °C. Untuk mendapatkan nilai kapasitas kalor yang maksimal dari total massa 25 kg, rasio massa dari senyawa LDPE, HDPE, dan PP yang akan dipanaskan ditentukan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Rasio massa sampah plastik saat pemanasan

Material Sampah	Rasio Massa	Massa
LDPE	0.4	10 kg
HDPE	0.5	12.5 kg
PP	0.1	2.5 kg
TOTAL	1	25 kg

Untuk menghitung kapasitas kalor, diperlukan nilai *specific heat* (c), *latent heat* (C), *melting point*, serta *ignition point* dari material yang akan dipanaskan yang tertera pada tabel 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.2 Parameter material plastik.

Material Sampah	<i>Specific Heat</i> (c) kJ/(kg.K)	<i>Latent Heat</i> (C) kJ/kg	<i>Melting Point</i> °C	<i>Ignition Point</i> °C
LDPE	2.3	293	110	349
HDPE	2.3	293	145	349
PP	1.9	207	160	570

Sehingga, kapasitas kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan sampah B3 dari persamaan 2.19 dan 2.20 adalah berikut :

- LDPE

Tabel 4.3 Perhitungan nilai kalor dari LDPE.

Hingga <i>melting point</i>	$Q = m.c.\Delta T$	(0.4. 25). 2.3. (110-25)	1955 kJ
Perubahan fasa	$Q = m.C$	(0.4. 25). 293	2930 kJ
Hingga <i>ignition point</i>	$Q = m.c.\Delta T$	(0.4. 25). 2.3. (349-110)	5497 kJ
Hingga 1000 °C	$Q = m.c_p.\Delta T$	(0.4. 25). 1.595. (1000-349)	10380.6 kJ

- HDPE

Tabel 4.4 Perhitungan nilai kalor dari HDPE.

Hingga <i>melting point</i>	$Q = m.c.\Delta T$	(0.5. 25). 2.3. (145-25)	3450 kJ
Perubahan fasa	$Q = m.C$	(0.5. 25). 293	3662.5 kJ
Hingga <i>ignition point</i>	$Q = m.c.\Delta T$	(0.5. 25). 2.3. (349-145)	5865 kJ
Hingga 1000 °C	$Q = m.c_p.\Delta T$	(0.5. 25). 1.595. (1000-349)	12975.7 kJ

- PP

Tabel 4.5 Perhitungan nilai kalor dari PP.

Hingga <i>melting point</i>	$Q = m.c.\Delta T$	(0.1. 25). 1.9. (160-25)	641.25 kJ
Perubahan fasa	$Q = m.C$	(0.1. 25). 207	517.5 kJ
Hingga <i>ignition point</i>	$Q = m.c.\Delta T$	(0.1. 25). 1.9. (570-160)	1947.5 kJ
Hingga 1000 °C	$Q = m.c_p.\Delta T$	(0.1. 25). 1.595. (1000-570)	1714.15 kJ

Nilai dari *specific heat* (c_p) = 1.595 kJ/(kg.K) didapat dengan persamaan

2.21 :

$$c_p = \frac{h_2 - h_1}{T_2 - T_1}$$

Dimana nilai dari enthalpy (h) didapat dari tabel termodinamika CO₂-H₂O dengan nilai berikut :

Tabel 4.6 Tabel enthalpy CO₂-H₂O.

Enthalpy (h)	Temperature (T)
2955.302 kJ/kg	1000 °C
2309.643 kJ/kg	570 °C (<i>ignition point</i> dari PP)
4049.331 kJ/kg	1970 °C (<i>flame temperature</i> dari LPG)
1489.937 kJ/kg	25 °C

Sehingga, nilai c_p yang diperoleh, didapat dengan perhitungan berikut :

$$c_p = \frac{2995.302 - 2309.643}{1000 - 570} = 1.595 \frac{kJ}{kg.K}$$

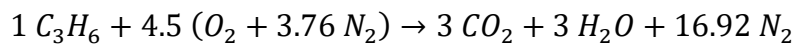
Dari perhitungan kapasitas kalor yang dibutuhkan tiap material, maka didapatkan total kapasitas kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan sampah hingga 1000 °C, yaitu sebesar :

$$Q_{total} = 51536.16 \text{ kJ}$$

Nilai kalor tersebut akan digunakan untuk menghitung jumlah massa alir bahan bakar LPG pada saat kondisi *pre-heating*.

4.4. Menentukan Dimensi dan Material dari Ruang Bakar

Untuk memaksimalkan volume dari ruang bakar, maka perlu dihitung juga volume sampah dan volume udara dengan rasio dari reaksi pembakaran, di mana reaksi pembakarannya sebagai berikut :



Reaksi pembakaran diatas menunjukkan bahwa sampah yang dibakar adalah 100% PP, karena massa jenis dari PP sebesar 920kg/m³. Massa jenis PP lebih kecil daripada PE, dimana massa jenisnya sebesar 970 kg/m³. Sehingga untuk memaksimalkan volume ruang bakar, dipilih 100% PP sebagai reaktan dari reaksi pembakaran. Volume dari sampah B3 didapatkan dengan nilai :

$$V_{waste} = \frac{m_{waste}}{\rho_{PP}} = \frac{25}{920} = 0.0272 \text{ m}^3$$

Dengan reaksi pembakaran diatas, didapat rasio volume udara dengan sampah, yaitu 1 : 4.5, sehingga didapat volume udara dan dimensi ruang bakar dengan persamaan berikut :

$$\frac{1}{4.5} = \frac{V_{waste}}{V_{air}}$$

$$V_{air} = V_{waste} \cdot 4.5 = 0.1019 \text{ m}^3$$

$$V_{chamber} = 0.0272 + 0.1019 = 0.1291 \text{ m}^3$$

Dari volume ruang bakar yang didapat, Panjang rusuk dalam dari ruang bakar didapat dengan bentuk kubus, yaitu :

$$L_{chamber} = \sqrt[3]{V_{chamber}} = \sqrt[3]{0.1291} = 0.51 \text{ m}$$

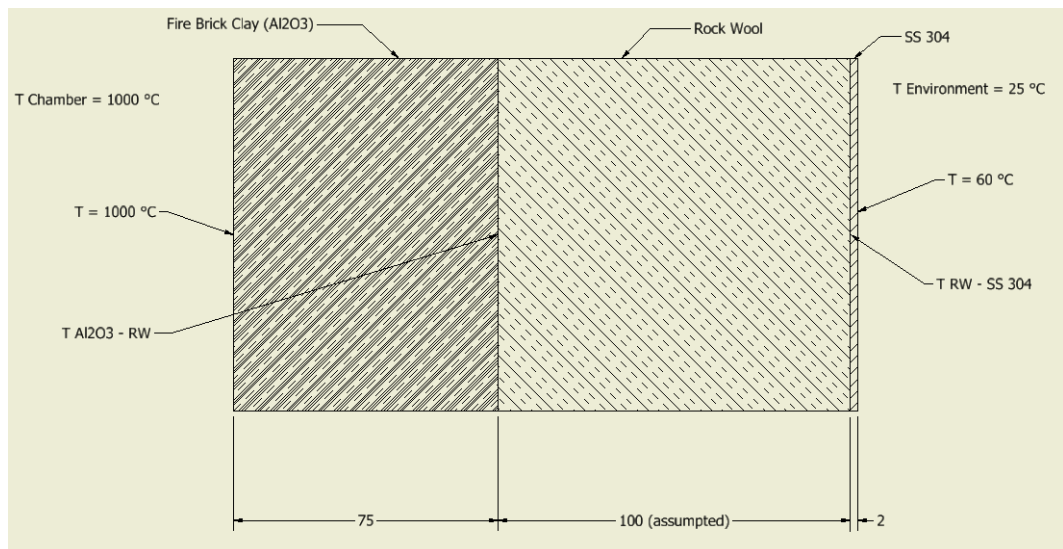
Namun, karena geometri dari sampah beraneka ragam dan tidak terkompres saat dimasukkan ke dalam ruang bakar, panjang rusuk dari ruang bakar dikalikan dengan faktor koreksi agar mengecah *input* dari sampah dapat masuk semua sebesar 25 kg. Dengan factor koreksi = 2, maka panjang rusuk yang baru adalah:

$$L_{chamber} = 2 \cdot 0.51 \approx 1 \text{ m}$$

Material yang digunakan sebagai insulator adalah *Fire Brick Clay* dan *Rock Wool* sebagai insulator dan *Stainless Steel AISI 304* sebagai lapisan terluar dari bodi *incinerator*.

4.5. Menghitung Massa Alir LPG

Untuk memanaskan ruang bakar hingga 1000 °C dan mempertahankannya, maka diperlukannya bahan bakar LPG dengan massa alir tertentu untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Sehingga dilakukan perhitungan nilai kalor yang terbangun pada saat keadaan *steady*, serta nilai kalor yang dibutuhkan pada saat kondisi *pre-heating* untuk mencapai suhu ruang bakar minimum sebesar 1000 °C secara konsisten dan suhu dinding terluar sebesar 60 °C maksimum sesuai dengan standar ASTM C-1055. Maka dari itu, dilakukan perhitungan perpindahan panas terlebih dahulu untuk mengetahui nilai kalor yang hilang pada saat kondisi *steady*.



Gambar 4.2 Skema lapisan insulator dari dinding *incinerator*.

Dengan skema lapisan insulator seperti gambar 4.2, maka perhitungan perpindahan panas dari ruang bakar ke lingkungan dapat menggunakan analogi hambatan listrik sesuai dengan persamaan 2.18. Untuk menghitung perpindahan panasnya, diperlukan konstanta dari parameter berikut.

Tabel 4.7 Parameter material *insulation wall*.

Parameter	AISI SS 304	Clay Fire Brick (Al_2O_3)	Rock Wool
Thermal conductivity (W/m.°C)	16.2	0.24	0.052
Thickness (mm)	2	75	100
Melting point (°C)	1397	1770 (limit temperature)	1100

Dengan persamaan 2.18, diperlukan luas bidang dari insulator terlebih dahulu. Sehingga, luas bidang tersebut didapat dari rusuk ruang bakar diatas, yaitu:

$$A_{chamber} = L_{chamber}^2 = 1^2 = 1m^2$$

Nilai kalor yang hilang menuju lingkungan saat kondisi *steady* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.18, yaitu

$$\dot{q}_{losses} = \frac{1000^\circ C - 60^\circ C}{\frac{L_{Al_2O_3}}{k_{Al_2O_3} \cdot A} + \frac{L_{RW}}{k_{RW} \cdot A} + \frac{L_{SS\ 304}}{k_{SS\ 304} \cdot A}}$$

Nilai dari *heat flux*, $\dot{q}$, diperoleh dalam keadaan konduksi pada sistem, sehingga persamaan diatas dapat terisi menjadi :

$$\dot{q}_{losses} = \frac{1000^\circ C - 60^\circ C}{\frac{0.075\ m}{0.24 \frac{W}{m \cdot ^\circ C} \cdot 1\ m^2} + \frac{0.1\ m}{0.052 \frac{W}{m \cdot ^\circ C} \cdot 1\ m^2} + \frac{0.002\ m}{16.2 \frac{W}{m \cdot ^\circ C} \cdot 1\ m^2}}$$

$$\dot{q}_{losses} = 420.449\ Watt$$

Setelah nilai dari kalor yang hilang didapat pada seluruh sistem, suhu pada perbatasan material antara *Rock Wool* dengan *Clay* didapat dengan analogi hambatan listrik yang sama, namun dengan acuan pada material *Clay* saja.

$$\dot{q}_{losses} = \frac{1000^\circ C - T_{Al_2O_3-RW}}{\frac{L_{Al_2O_3}}{k_{Al_2O_3} \cdot A}}$$

$$420.449\ W = \frac{1000^\circ C - T_{Al_2O_3-RW}}{\frac{0.075\ m}{0.24 \frac{W}{m \cdot ^\circ C} \cdot 1\ m^2}}$$

$$T_{Al_2O_3-RW} = 868.61^\circ C$$

Kemudian, suhu pada perbatasan material antara *Rock Wool* dengan *Stainless Steel* dapat dihitung, baik menggunakan acuan material *Rock Wool* maupun *Stainless Steel*.

$$\dot{q}_{losses} = \frac{T_{RW-SS\ 304} - 60^{\circ}\text{C}}{\frac{L_{SS\ 304}}{k_{SS\ 304} \cdot A}}$$

$$420.449\ \text{W} = \frac{T_{RW-SS\ 304} - 60^{\circ}\text{C}}{\frac{0.002\ \text{m}}{16.2 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 1\ \text{m}^2}}$$

$$T_{RW-SS\ 304} = 60.05^{\circ}\text{C}$$

Dengan diketahui nilai suhu pada kedua sisi dari permukaan *Rock Wool*, ketebalan dari *Rock Wool* sebagai insulator dapat dicek kembali untuk mencocokkan nilai ketebalannya dengan ketebalan asumsi setebal 100 mm.

$$\dot{q}_{losses} = \frac{T_{Al_2O_3-RW} - T_{RW-SS\ 304}}{\frac{L_{RW}}{k_{RW} \cdot A}}$$

$$420.449\ \text{W} = \frac{868.61^{\circ}\text{C} - 60.05^{\circ}\text{C}}{\frac{L_{RW}}{0.052 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 1\ \text{m}^2}}$$

$$L_{RW} = 0.1\ \text{m} = 100\ \text{mm}$$

Dari perhitungan kalor yang hilang di atas, dapat ditentukan massa alir dari *flue gas* / gas buang dari reaksi pembakaran LPG dan pemanasan sampah B3 dengan menggunakan persamaan 2.22 :

$$\dot{q} - \dot{w} = \sum \dot{m} \left(h + \frac{1}{2} v^2 + g \cdot z \right)$$

$$420.449\ \text{W} - 0 = \dot{m}_{flue\ gas} \left(\left(4049.331 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 2995.302 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \right)$$

Kalor yang hilang tidak memiliki perbedaan ketinggian maupun kecepatan, ilai dari kecepatan, v dan ketinggian, z adalah = 0, sehingga persamaan di atas menjadi :

$$\dot{m}_{flue\ gas} = \frac{\frac{420.449}{1000}\ \text{kW}}{4049.331 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 2995.302 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0.0003989\ \text{kg/s}$$

Nilai dari enthalpy didapat dari tabel enthalpy termodinamika $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ serta dengan melakukan ekstrapolasi untuk memperoleh nilai enthalpy pada suhu ekstrim, sesuai pada tabel 4.3 di atas.

Untuk memperoleh jumlah aliran massa dari bahan bakar LPG, massa alir dari *flue gas* dapat digunakan dalam persamaan AFR, pada persamaan 2.5 .

$$AFR_{actual} = \frac{\dot{m}_{flue\ gas} \cdot MW_{flue\ gas}}{\dot{m}_{LPG} \cdot MW_{LPG}}$$

$$20.78 = \frac{0.0003989 \frac{kg}{s} \cdot ((0.21 \cdot 32) + (0.79 \cdot 28))}{\dot{m}_{LPG} \cdot ((3.05 \cdot 12) + (8.1 \cdot 1))}$$

$$\dot{m}_{LPG} = 0.000012385 \frac{kg}{s} = 0.0000124 \frac{kg}{s} \text{ (Steady Condition)}$$

Sedangkan, untuk kondisi *pre-heating*, jumlah kalor yang dibutuhkan adalah 51536.16 kJ. Dengan persamaan 2.22, massa alir dari *flue gas* saat kondisi *pre-heating* dengan waktu selama 30 menit ($t = 1800$ s) dapat dihitung sebagai berikut :

$$\dot{q} - \dot{w} = \sum \dot{m} \left(h + \frac{1}{2} v^2 + g \cdot z \right)$$

$$\left(\frac{51536.16 \text{ kJ}}{1800 \text{ s}} \right) - 0 = \dot{m}_{flue\ gas} \left(\left(2995.302 \frac{kJ}{kg} - 1489.937 \frac{kJ}{kg} \right) \right)$$

$$\dot{m}_{flue\ gas} = \frac{28.6312 \text{ kW}}{2995.302 \frac{kJ}{kg} - 1489.937 \frac{kJ}{kg}} = 0.019 \text{ kg/s}$$

Untuk jumlah aliran massa bahan bakar LPG, digunakan kembali persamaan 2.5:

$$AFR_{actual} = \frac{\dot{m}_{flue\ gas} \cdot MW_{flue\ gas}}{\dot{m}_{LPG} \cdot MW_{LPG}}$$

$$20.78 = \frac{0.019 \frac{kg}{s} \cdot ((0.21 \cdot 32) + (0.79 \cdot 28))}{\dot{m}_{LPG} \cdot ((3.05 \cdot 12) + (8.1 \cdot 1))}$$

$$\dot{m}_{LPG} = 0.00059 \frac{kg}{s} = 0.0006 \frac{kg}{s} \text{ (Pre - heating Condition)}$$

Sehingga, massa bahan bakar yang diperlukan adalah :

$$m_{LPG\ Pre-heating} = \dot{m}_{LPG} \cdot t = 0.0006 \frac{kg}{s} \cdot 1800 \text{ s} = 1.06 \text{ kg}$$

Dari hasil perhitungan massa alir dari bahan bakar LPG pada kondisi *steady* dan *pre-heating*, kapasitas LPG yang ditentukan adalah sebesar 12 kg. Kapasitas 12 kg ini dipilih dan dianjurkan untuk meminimalisir jadwal penggantian bahan bakar. Namun, apabila LPG kapasitas 12 kg tidak tersedia pada saat

penggantian, LPG kapasitas 3 kg dapat menjadi pilihan untuk keadaan darurat dengan konsekuensi penggantian bahan bakar yang lebih cepat.

4.6. Menentukan Spesifikasi *Burner*

Spesifikasi *burner* ditentukan berdasarkan nilai dari kalor yang dibakar, yaitu 51536.1575 kJ dalam waktu 1800 s saat *pre-heating*, sehingga daya yang diperlukan saat *pre-heating* adalah 28.6312 kW.

GOM Series

GOM series were specially developed to meet the requirement of more reasonable prices, by applying “direct ignition system”. Their P-Q capacity curves show very high performance as shown next page.

Specification

Model		GOM-0N	GOM-1N (WM)	GOM-2N (WM)	GOM-3N (WM)	GOM-4N (WM)		
Output	10 ⁴ kcal/h	3 - 5	5 - 10	10 - 20	15 - 30	20 - 40		
	kW/h	35 - 58	58 - 116	116 - 233	174 - 349	233 - 465		
Motor	kW	0.1	0.15	0.25	0.4			
Power	Motor	AC 220V/1 ϕ /50(60)Hz			AC 380V/3 ϕ /50(60)Hz			
	Control	AC 220V/1 ϕ /50(60)Hz						
Control				Standard: ON-OFF, WM: High-Low-Off				
Gas				LPG, LNG				
Temperature				-10 °C - +60 °C				
Inlet	LPG	15A	20A	25A	25A			
	LNG			32A				

Gambar 4.3 Katalog *burner*.

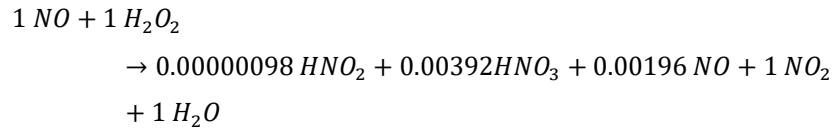
Retrieved from : PT. Olympia Kogyo Indonesia, Gas Burner & Oil Burner Catalogue (n.d).

Menurut, katalog *burner* dari PT Olympia Kogyo Indonesia, *burner* model GOM-0N merupakan tipe yang cocok untuk kondisi yang dibutuhkan, dimana *output maximum* dari *burner* tersebut sebesar 58 kW/h. Selain itu, model ini merupakan model terkecil yang dapat ditemukan di katalog.

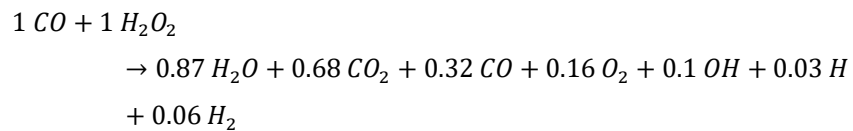
4.7. Penentuan Debit Senyawa Peroksida Sebagai Penetral NO_x dan CO

Senyawa Hidrogen Peroksida (H₂O₂) dipilih sebagai senyawa yang menetralkan kandungan NO_x dan CO pada gas buang karena ketersediaanya yang mudah didapat dan dapat menetralkan kandungan NO_x dan CO pada gas buang. Reaksi penetralan senyawa NO_x dan CO adalah:

- Penetralan NO_x

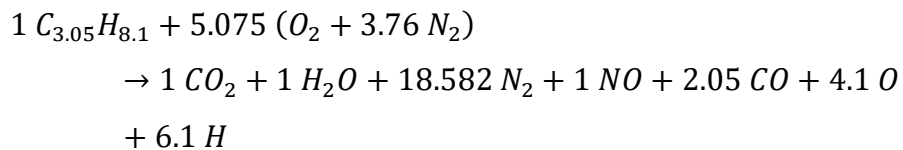


- Penetralan CO



Dengan bantuan program, fraksi mol dari senyawa NO menjadi 0.002 dari fraksi mol NO awal setelah direaksikan dengan H₂O₂. Begitu pula dengan CO menjadi 0.32 dari fraksi mol CO.

Selain itu, dari persamaan reaksi di atas, dapat diketahui bahwa rasio massa dari NO terhadap H₂O₂ adalah 1 : 1 dan CO terhadap H₂O₂ 1 : 1. Sehingga *mass flow* dari H₂O₂ dapat dikatakan juga 1 : 1 terhadap *mass flow* dari NO maupun CO. Dari persamaan pembakaran bahan bakar LPG, diketahui rasio antara LPG terhadap NO 1 : 1 dan terhadap CO 1 : 2.05 sesuai dengan persamaan pada bab 4.2:

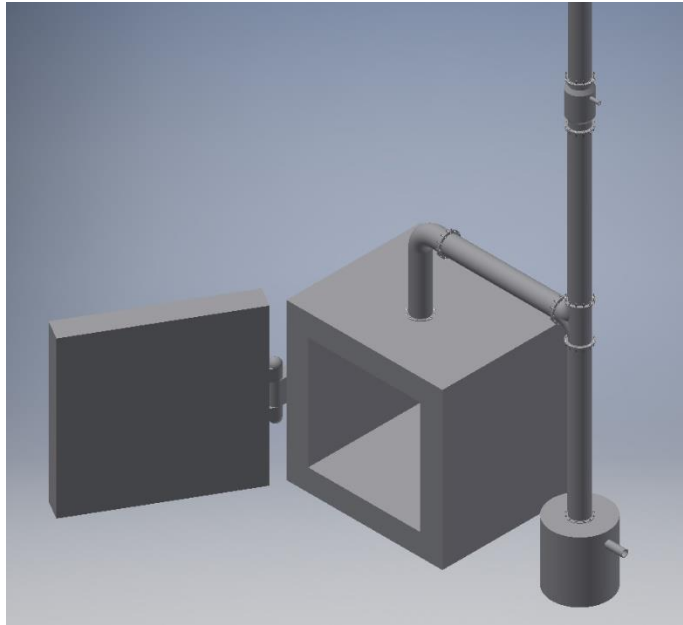


Mass flow dari LPG adalah 0.0000124 kg/s, sehingga *mass flow* dari NO yang dihasilkan pada gas buang juga 0.0000124 kg/s. Namun, *mass flow* dari CO 2.05 kali dari *mass flow* LPG, sehingga *mass flow* yang dialirkan oleh H₂O₂ minimum 0.0000254 kg/s untuk menetralkan senyawa NO dan CO. Penetralan ini dibantu dengan lapisan *poly-urethane* setebal 3 inci sesuai dengan *Appendix C* menurut Peterson, C. R.

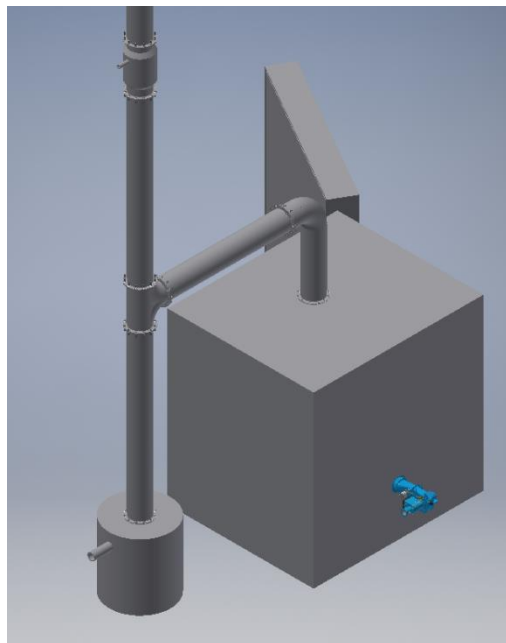
4.8. Desain Model 3D dari *Incinerator*

Dari hasil hitungan diatas, bentuk dari *incinerator* kemudian digambar dengan membuat model 3D-nya, yang kemudian dibuat gambar tekniknya yang tertera pada lampiran.

Berikut merupakan wujud 3D dari *incinerator* yang direncanakan dalam perancangan.



Gambar 4.4 *Incinerator* 25 kg per *batch* (tampak depan).



Gambar 4.5 *Incinerator* 25 kg per *batch* (tampak belakang).

4.9. Hasil Simulasi

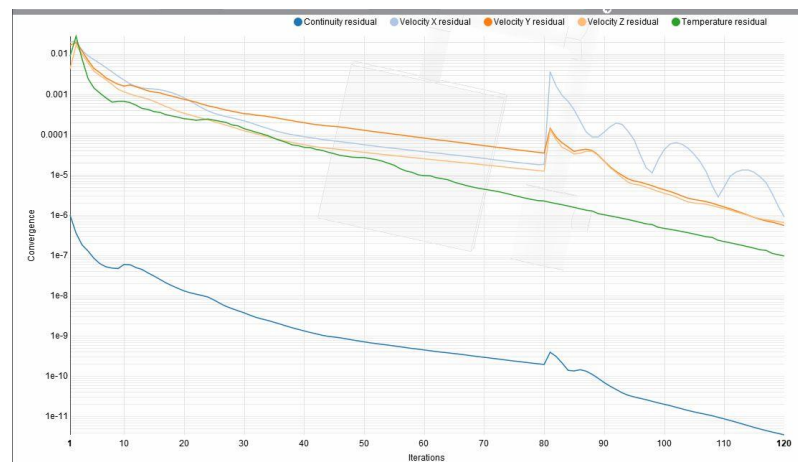
Simulasi dilakukan untuk memeriksa aliran fluida dan perpindahan panas yang terjadi pada *incinerator* yang direncanakan, dengan melakukan kalkulasi sebanyak 10000 iterasi atau hingga mencapai hasil konvergen terlebih dahulu.

Model aliran yang disimulasikan berupa aliran laminar, dimana nilai dari *Reynold Number* kurang dari 2300 untuk *internal flow*. Selain itu, *pressure velocity*

control yang diterapkan adalah SIMPLE, karena aliran yang terjadi pada model *incinerator* yang digunakan cukup sederhana dan bersifat *laminar*.

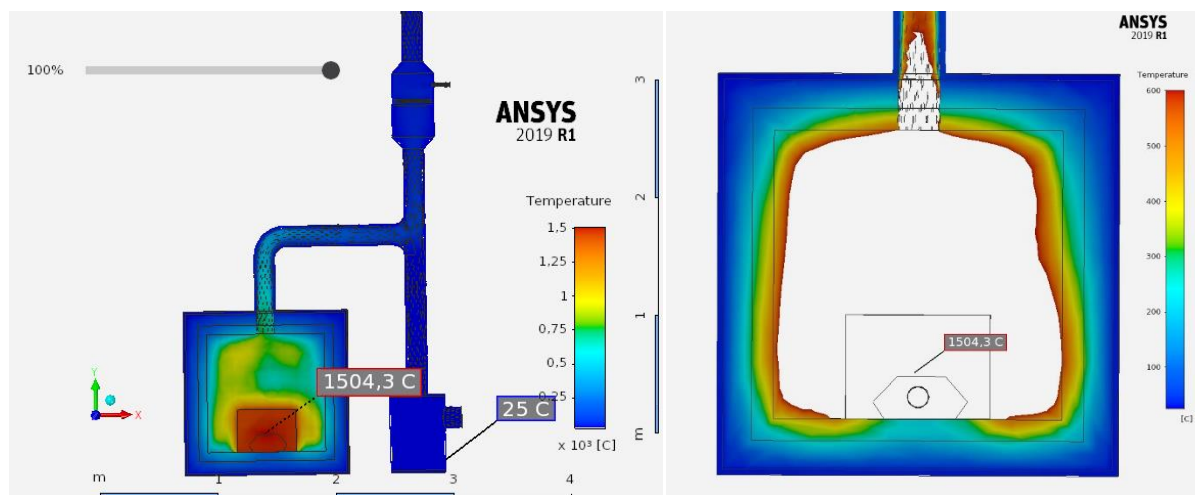
Solution control yang diterapkan untuk mencapai konvergen adalah 10^{-6} , karena benda yang diteliti berupa 3D. Hasil iterasi dan simulasi dari model *incinerator* mencapai konvergen sebelum sampai iterasi yang ditentukan. Berikut dilampirkan grafik dari hasil simulasi yang dilakukan.

- Hasil iterasi



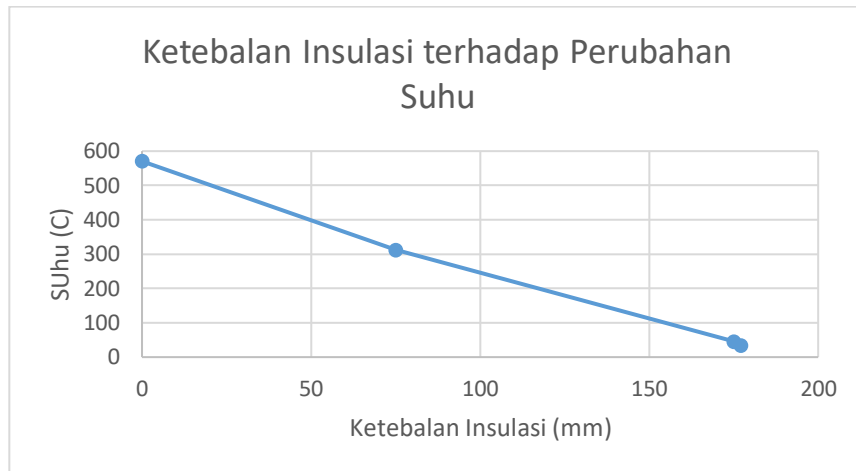
Gambar 4.6 Hasil konvergensi terhadap iterasi.

- Temperatur tampak depan



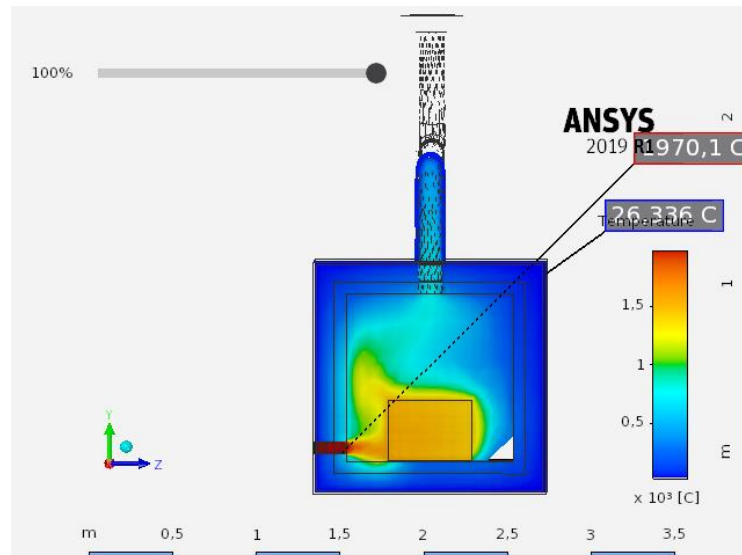
Gambar 4.7 Kontur temperatur ruang bakar dari tampak depan keseluruhan (kiri) dan pada ruang bakar (kanan).

Dari gambar 4.7 pada range suhu 25°C hingga 600°C, diketahui bahwa temperatur pada permukaan dinding dalam (bata api) sebesar 570.43°C. Sedangkan pada dinding bagian bata api dan *rock wool*, didapat sebesar 311.59°C. Pada bagian *rock wool* dan *Stainless Steel 304*, temperaturnya didapat sebesar 45.602°C hingga suhu pada bagian terluar dari *Stainless Steel 304* sebesar 34.55°C. Grafik perubahan suhu dapat dilihat pada gambar 4.8 di bawah sebagai berikut.



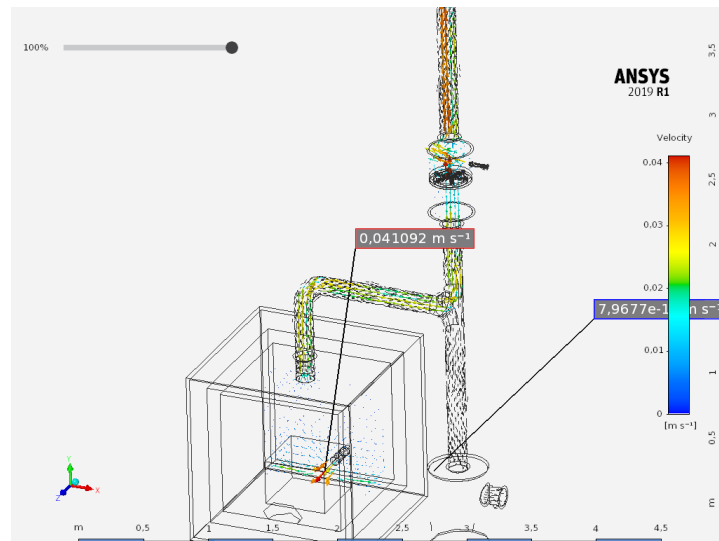
Gambar 4.8 Grafik ketebalan insulasi terhadap perubahan suhu.

- Temperatur tampak samping



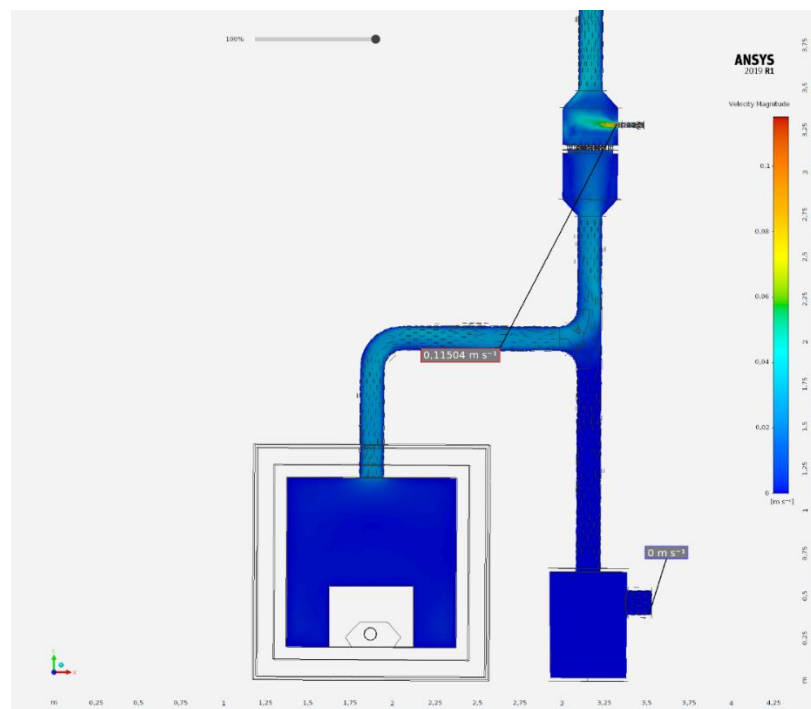
Gambar 4.9 Kontur temperatur ruang bakar dari tampak samping.

- *Velocity vector*



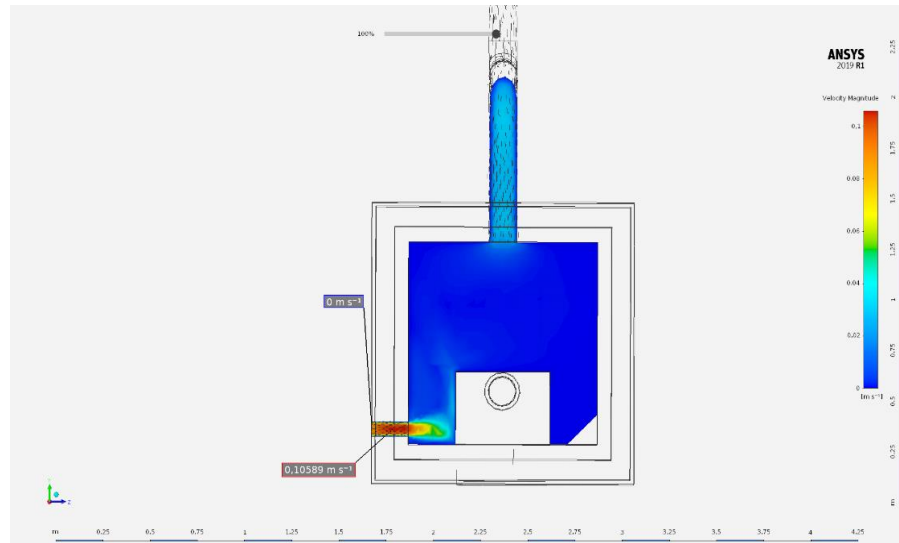
Gambar 4.10 Vektor kecepatan alir fluida pada *incinerator*.

- *Velocity magnitude tampak depan*



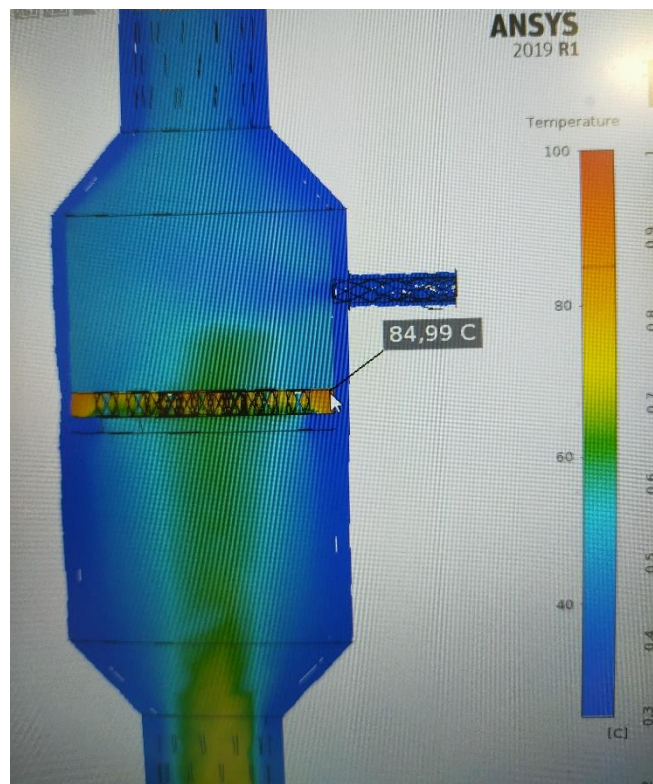
Gambar 4.11 Kontur kecepatan alir fluida dari tampak depan.

- *Velocity magnitude* tampak samping



Gambar 4.12 Kontur kecepatan alir fluida dari tampak samping.

- Temperatur pada *scrubber*



Gambar 4.13 Kontur temperature pada *scrubber*.

Dari gambar 4.13, didapat bahwa suhu tertinggi dari *scrubber* sebesar 84.99°C pada bagian filter. Gas buang yang melalui filter mengalami penurunan suhu dari 60°C menjadi 40°C setelah kontak dengan peroksida yang masuk dengan suhu 25°C.

4.10. Model Incinerator

Pembuatan model *incinerator* dilakukan untuk memeriksa apakah filter yang dirancang dapat bekerja dengan semestinya. Maka dari itu, model dibuat dengan skala 1 : 4 dari ukuran sebenarnya yang didapat dari hitungan agar dimensi dari model tidak terlalu besar untuk mengamati gas buang setelah melalui filter. Lapisan filter yang digunakan sesuai dengan rancangan awal, yaitu *poly-urethane*, yang didapat dari spon sabun cuci piring dan karbon aktif, dari filter akuarium.



Gambar 4.14 Model *incinerator* dengan skala 1:4.

Dalam pembuatan dan perakitan model yang pertama, sesuai gambar 4.14 model tidak memiliki pompa sebagai alat suplai udara. Berbeda dengan hasil rancangan, di mana *burner* LPG langsung menyuplai bahan bakar dan udara sekaligus, pada model nyala api disulut secara manual. Dengan absennya pompa ini membuat api dalam ruang bakar padam ketika pintu ruang bakar ditutup, sehingga dilakukan revisi model dengan menambahkan pompa sesuai dengan gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15 Model *incinerator* setelah mengalami revisi.

Dengan penambahan pompa seperti pada gambar 4.15 membuat api dalam ruang bakar dapat menyala, namun seiring berjalannya waktu api dalam ruang bakar tetap mati karena suplai udara yang tidak konsisten. Selain itu, terdapat masalah lain yang muncul, yaitu pintu dari ruang bakar menyebabkan kebocoran saat dilakukan pembakaran. Untuk mencegah kebocoran, ditambahkan *double tape* pada bagian tepi bukaan ruang bakar dengan harapan celah antara ruang bakar dan pintu menjadi tidak ada. Selain itu, pengunci juga dipasangkan pada pintu untuk memastikan pintu tertutup dengan rapat.

Kemudian, pompa manual ini diganti dan disambungkan pada kompresor agar suplai udara lebih konstan. Berikut merupakan model *incinerator* yang mengalami revisi kedua.



Gambar 4.16 Model *incinerator* setelah mengalami revisi kedua.

Penggantian pompa manual ke kompresor menyebabkan api dalam ruang bakar tetap menyala hingga sampah yang terbakar habis. Kemudian, gas buang setelah melalui filter hanya mengeluarkan asap tipis berwarna putih yang dapat dilihat pada gambar 4.17 sebagai berikut.



Gambar 4.17 Warna asap sebelum (kiri) dan setelah (kanan) difilter.

Berbeda dengan gambar 4.14 yang asapnya keluar melalui pintu berwarna agak hitam, pada gambar 4.17 kiri warna asap lebih putih dan lebih tipis apabila difilter dengan spon saja. Namun setelah ditambahkan karbon aktif (gambar 4.17 kanan), warna asap putih menjadi lebih tipis lagi daripada filter spon saja.