

ANALISA PEREDAM PANAS GLASSWOOL PADA ALAT PEMBAKAR SAMPAH (INSINERATOR) PORTABEL 2 IN 1

ANALYSIS OF GLASSWOOL HEAT REDUCTION ON WASTE BURNERS (INSINERATORS) 2 IN 1

Dinda Estaniya Agustin¹, Wawan² & Yadi Heryadi³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana, Purwakarta

Corresponding Author : [1dinda_agutsin94@yahoo.com](mailto:dinda_agutsin94@yahoo.com), [2wawan.st69@gmail.com](mailto:wawan.st69@gmail.com),
[3yafiyafi2014@gmail.com](mailto:yafiyafi2014@gmail.com)

Abstrak. Sampah merupakan material pencemar lingkungan yang selalu ada setiap waktu. Untuk mengurangi pencemaran lingkungan, maka dilakukan upaya untuk membakar sampah dengan menggunakan alat berupa insinerator. Aspek penting dalam merancang sebuah alat insinerator perlu memperhatikan faktor keamanan untuk pengguna pada saat dioperasikan. Isolator dalam sebuah insinerator mempunyai peran yang sangat penting. Dalam upaya mengurangi hantaran panas yang dihasilkan pada saat pembakaran, maka insinerator dilapisi *glasswool* sebagai pelapis dalam yang mampu menghambat panas yang keluar ketika alat tersebut digunakan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah membandingkan antara pengukuran suhu dinding dalam plat Baja SS400 sebelum dilapisi *glasswool*, pengukuran suhu ruang pembakaran insinerator dan pengukuran suhu dinding luar Seng Galvalum. Setelah pemasangan *glasswool* pada insinerator dilakukan pengukuran didalam ruang pembakaran, hasil yang didapat mencapai $\pm 700-800$ °C. Hasil dari penelitian ini menunjukkan penggunaan *glasswool* dapat mengurangi hambatan panas yang keluar pada dinding plat Baja SS400 namun mengalami kenaikan suhu pada ruang pembakaran. Massa sampah dan bahan bakar dapat mempengaruhi suhu pembakaran yang terjadi. Output sampah organik berupa abu yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk.

Kata kunci : Insinerator, *glasswool*, isolator

Abstract. Garbage is an environmental pollutant material that is always there at all times. To reduce environmental pollution, efforts are made to burn waste by using a tool in the form of an incinerator. An important aspect in designing an incinerator is to pay attention to the safety factor for the user when it is operated. The insulator in an incinerator has a very important role. In an effort to reduce the conduction of heat generated during combustion, the incinerator is coated with glass wool as an inner coating that is able to inhibit the heat that comes out when the tool is used. The method used in this study is to compare the temperature measurement of the inner wall of the SS400 Steel plate before being coated with glasswool, the measurement of the temperature of the combustion chamber of the incinerator and the measurement of the temperature of the outer wall of Zinc Galvalume. After the installation of glass wool in the incinerator, measurements were made in the combustion chamber, the results obtained reached $\pm 700-800$ oC. The results of this study indicate the use of glasswool can reduce the heat resistance that comes out of the SS400 steel plate wall but increases the temperature in the combustion chamber. The mass of waste and fuel can affect the combustion temperature that occurs. The output of organic waste is in the form of ash which can be used as fertilizer.

Keywords: *Incinerator, glasswool, insulator*

1. Pendahuluan

Sampah merupakan material pencemar lingkungan yang selalu ada setiap waktu. Untuk mengurangi pencemaran lingkungan, maka dilakukan upaya untuk membakar sampah tersebut. Peralatan atau unit pembakar sampah disebut insinerator. *Incinerator* berfungsi sebagai pengolahan sampah bertemperatur tinggi, dengan cara membakar sampah padatan menjadi abu, gas sisa hasil pembakaran, dan panas. Keuntungan penggunaan *incinerator* adalah kemampuannya untuk mereduksi sebagian besar timbunan sampah dan mampu menurunkan polusi lingkungan akibat penimbunan sampah. Sedangkan kerugian penggunaannya yaitu gas buang membawa karbon dioksida (CO₂) sejumlah besar yang akan terlepas ke udara serta membawa unsur beracun dalam gas. Untuk menguranginya diperlukan peralatan tambahan sebelum gas dilepas ke udara, hal ini akan ada tambahan

biaya dalam konstruksi incinerator. Maka dari itu dibuatlah mesin insinerator menggunakan mesin pembakar (*burner*) sebagai pembakar utamanya, bahan bakar yang digunakan sebagai pembakar utama yaitu menggunakan oli bekas.

Tujuan awal pembuatan insinerator tersebut adalah untuk mengurangi tumpukan sampah di kampus STT Wastukencana Purwakarta. Insinerator adalah sebuah alat yang menggunakan sistem insinerasi, metode yang digunakan dalam sistem ini adalah menghancurkan sampah padat (*solid*) dengan membakar. Teknologi *incinerator* bekerja dengan cara membakar sampah secara optimal dengan pembakaran sempurna hingga sampah menjadi abu yang ramah lingkungan. Jenis sampah yang dibakar adalah sampah organik dan non-organik. Isolator dalam sebuah insinerator mempunyai peran yang sangat penting. Isolator ini menggunakan *Glasswool* dan Cat Semprot (*Heat Resistant*), pemberian isolator berfungsi sebagai penahan suhu ruang yang panas sehingga tidak menghantar ke luar ruangan. Dalam upaya mengurangi hantaran panas yang dihasilkan pada saat pembakaran, maka insinerator tersebut dilapisi material *Glasswool* sebagai pelapis dalam dan Cat Semprot (*Heat Resistant*) sebagai pelapis luar insinerator yang mampu menghambat panas yang keluar ketika alat tersebut digunakan. *Glasswool* ini berfungsi untuk struktur pelindung sistem, penyangga tungku pembakar sampah, dan menahan suhu udara ruang pembakaran agar tidak mempengaruhi udara luar. Peredam panas pada lingkungan itu sendiri tidak mempengaruhi namun berpengaruh terhadap pengguna pada saat membakar sampah incinerator tersebut.

2. Kajian Pustaka

Glasswool

Glasswool merupakan bahan isolasi yang terbuat dari serat kaca yang disusun menggunakan bahan pengikat menjadi tekstur yang mirip dengan wool. Proses ini menjebak banyak kantong kecil udara di antara kaca, dan kantong udara kecil ini menghasilkan sifat insulasi termal yang tinggi.

Pylox Autolux

Pylox Autolux adalah cat semprot dengan bermacam pilihan hasil akhir yang menarik, daya kilap tinggi, cepat kering, daya lekat sangat kuat, anti-pudar dan ketahanan cuaca yang sangat baik. Heat Resistant dapat tahan terhadap panas sampai dengan temperature 600°C.

Seng Galvalum

Jenis atap dengan bahan dasar baja ringan yang dilapisi alumunium, silikon dan seng (*zinc*) dengan masing-masing komposisi 55% alumunium, 43,5% seng dan 1,5% silikon.

Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan panas akibat sentuhan langsung antara benda yang memiliki perbedaan suhu. Konduksi satu-dimensi dalam keadaan stedi ditulis

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx}$$

Keadaan stedi melalui dinding datar (plane)

$$\frac{q_k}{A} \int_0^L dx = - \int_{T_{panas}}^{T_{dingin}} k dT$$

Setelah integrasi rumus berikut untuk laju konduksi panas melalui dinding

$$q_k = \frac{Ak}{L} (T_{panas} - T_{dingin}) = \frac{\Delta T}{L/Ak}$$

q_k = Jumlah Kalor merambat setiap detik (J/s)

K = Koefisien konduksi thermal (J/msK)

A = Luas penampang (m)

L = Panjang batang (m)

Distribusi suhu dan rangakaian termal untuk aliran panas melalui dinding datar komposit seri:

$$q = h_i A (T_i - T_1) = \frac{k_1 A}{L_1} (T_1 - T_2) \\ = \frac{k_2 A}{L_2} (T_2 - T_3) = \frac{k_3 A}{L_3} (T_3 - T_4) = h_o A (T_4 - T_o)$$

Dari persamaan diatas dapat ditulis sebagai fungsi tahanan-tahanan termal dari berbagai bagian dinding sebagai berikut :

$$q = \frac{T_i - T_1}{R_1} = \frac{T_1 - T_2}{R_2} = \frac{T_2 - T_3}{R_3} = \frac{T_3 - T_4}{R_4} = \frac{T_4 - T_0}{R_5}$$

Penjumlahan ruas kiri dan kanan persamaan ini menghasilkan :

$$T_1 - T_0 = q(R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5)$$

Konveksi

Perpindahan panas dengan cara ini biasa terjadi pada benda cair atau gas. Maka laju aliran panas dapat dihitung dari persamaan :

$$q = h \cdot A (T_f - T_{dinding})$$

Sementara untuk menentukan jenis fluida dan sifatnya dapat dihitung dengan persamaan :

$$T_\infty = \frac{T_i - T_e}{2}$$

Dimana :

T_i = Waktu input

T_e = Waktu exit

Reynolds Number

Menggambarkan jenis aliran dan fluida (laminar, transisi atau turbulen) dengan persamaan :

$$N_{Re} = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{4\dot{m}}{\pi \mu D}$$

Dimana :

ρ = densitas fluida

V = kecepatan aliran fluida

D = diameter

μ = viskositas fluida

\dot{m} = laju aliran massa

Jika $N_{Re} < 2100$ = laminar

$2100 < N_{Re} < 10.000$ = transisi

$N_{Re} > 10.000$ = turbulen

Nusselt Number

Rasio antara pindah panas konveksi dan konduksi

$$N_{Nu} = \frac{h \cdot D}{k}$$

Dimana :

h = koefisien konveksi

D = diameter

K = konduktivitas termal

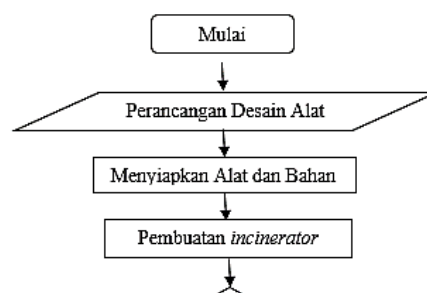
Prandtl Number

Rasio antara difusivitas momentum dan difusivitas thermal

$$N_{Pr} = \frac{\mu C_p}{k}$$

3. Metodologi Penelitian

Diagram Alir



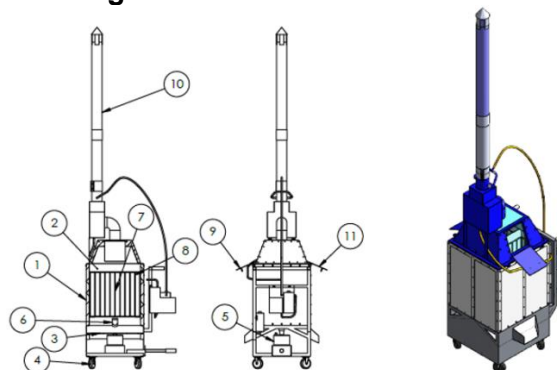
Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Alat dan Bahan

Tabel 1. Alat dan bahan

No.	Alat	Bahan
1	Mesin las	Plat baja
2	Mesin bor	Baja ringan
3	Mesin gerinda	Baja siku
4	Blander	Baja behel
5	Palu	Baja pipa
6	<i>Centerpen</i>	Seng galvalum
7	Spidol	<i>Glasswool</i>
8	Mistar	Cat semprot
9	Siku	

Bagian-bagian Penyusun Rangka Insinerator



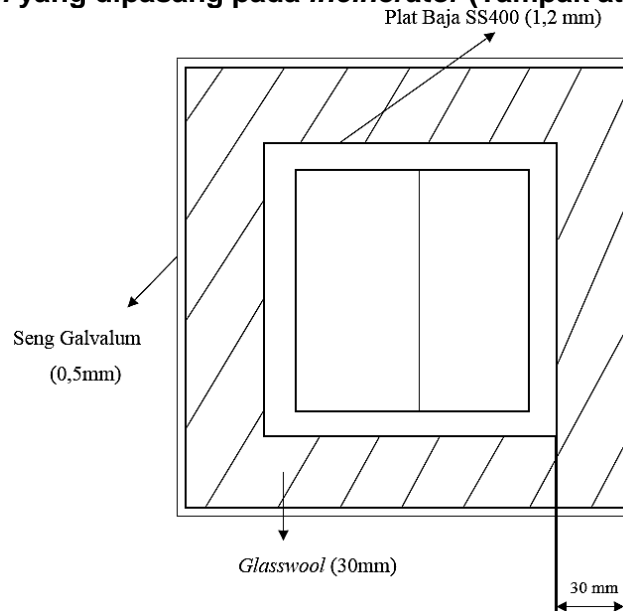
Gambar 2. Bagian-bagian penyusun rangka insinerator.

Keterangan :

1. Rangka (*frame*)
2. Ruang Bakar (*chamber*)
3. Sekat Dudukan Bawah

4. Roda
5. Kompor (*burner*)
6. Pipa penghubung
7. Sekat Pembatas / pemisah ruang bakar
8. Keranjang Behel (penampung sampah dalam ruang bakar)
9. Pintu *input organic*
10. Cerobong
11. Pintu *input Anorganic*

Skematik *Glasswool* yang dipasang pada *incinerator* (Tampak atas)



Gambar 3. Ukuran *Glasswool* pada *incinerator*.

Pengujian Alat

Pengujian ini dilakukan dengan melakukan proses pembakaran pada *incinerator*. Proses pembakaran dilakukan dengan percobaan sebanyak 3 kali sampel bahan bakar (solar, spirtus, dan oli bekas). Sampah yang dibakar merupakan 2 jenis sampah yang dipilah dan dikumpulkan sendiri yaitu sampah jenis organik berupa daun-daun kering, keras, kardus, dan tisu. Sedangkan sampah anorganik berupa botol plastik, dan sisa kemasan plastik. Dengan massa sampah 1 kg organik dan 1 kg anorganik. Bahan bakar yang digunakan yaitu oli bekas 1 litter dan air sebanyak 1 litter.

Metode Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan menyiapkan alat pengukur suhu berupa *thermocouple* pada 3 titik pengukur yaitu di ruang pembakaran, dinding plat baja dan dinding seng galvalum. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui suhu yang dihasilkan pada saat pembakaran sampah. Pada ruang pembakaran terdapat 4 titik pengukuran yaitu 2 dinding depan organik dan 2 dinding belakang anorganik, hal tersebut dilakukan agar dapat dilihat perbandingan temperatur pada ruang pembakaran sampah organik dan anorganik. Pengukuran lapisan suhu dalam dilakukan dengan pengukuran di dinding plat baja, sedangkan pengukuran lapisan suhu luar dilakukan dengan pengukuran di dinding seng galvalum.

4. Hasil dan Analisa

Kapasitas Alat Pembakar Sampah

Dalam penelitian ini alat pembakar sampah (*incinerator*) dengan ukuran 560 x 560 x 600 mm. Kapasitas dari ruang pembakaran adalah 5 kg sampah organik dan 5 kg sampah anorganik. Dinding ruang pembakaran di desain terdiri dari 4 lapis, plat baja sebagai dinding lapisan pertama dengan ketebalan 1,2 mm, lapisan kedua menggunakan material *Glasswool* dengan ketebalan 30 mm, lapisan ketiga yaitu menggunakan seng galvalum dengan ketebalan 0,5 mm, dan cat semprot (*heat resistant*) sebagai lapisan paling luar. Hal tersebut dilakukan dikarenakan pembakaran mencapai suhu $\pm 800-900^{\circ}\text{C}$.

Ruang pembakaran ini dilengkapi dengan pintu masukan dan pintu keluar sampah. Pintu input sampah berada di atas terdapat dua pintu yaitu pintu input sampah kiri sebagai masukan sampah organik, dan kanan untuk input sampah anorganik. Sedangkan di bagian bawah terdapat dua pintu output sampah sebagai keluaran sampah yang berbeda berupa abu.



Gambar 4. *Incinerator*.

Pengujian Alat Pembakar Sampah (*Incinerator*)

Pada pengujian *incinerator* tersebut dilakukan 3 percobaan untuk melihat dari alat pembakar sampah yang telah didesain. Dalam percobaan tersebut digunakan sampah rumah tangga yang sudah dipilah berupa botol plastik, kertas, kardus, daun-daun kering. Kapasitas dari ruang pembakaran adalah 5 kg untuk sampah organik dan 5 kg untuk sampah anorganik.

Tabel 2. Waktu pembakaran *Incinerator*

Uji Coba	Jenis Bahan Bakar	Massa Sampah (kg)		Waktu Pembakaran (menit)
		Organik	Anorganik	
I	Spirtus	1	1	15
II	Solar	1	1	18
III	Oli	1	1	34

Dari tabel diatas dapat terlihat bahwa jenis bahan bakar yang digunakan mempengaruhi lama atau tidak nya suatu proses pembakaran dengan massa sampah yang sama. Pada percobaan pertama menggunakan bahan bakar spirtus, namun bahan bakar yang digunakan sudah habis sedangkan sampah masih tersisa, tetapi asap yang timbul tidak terlalu pekat, namun berbahaya pada saat menyalakan api, spirtus lebih cepat merambat. Pada percobaan kedua menggunakan bahan bakar solar, namun bahan bakar yang digunakan sudah abis sedangkan sampah masih tersisa , namun asap tidak begitu pekat dan bau, namun lebih berbahaya dikarenakan ketika menyalakan api, solar langsung menyambar. Pada percobaan ketiga dilakukan dengan menggunakan bahan bakar oli bekas, dengan proses pembakaran ini lebih lama dibanding bahan bakar spirtus dan solar, namun asap berwarna hitam dan bau. Maka dari ketiga data pada tabel 4.1 diatas, data terbaik yang digunakan untuk pengujian proses pembakaran ini menggunakan bahan bakar oli bekas.

Hasil Pengukuran Dinding dalam dan Dinding Luar

Pengukuran pada dinding dalam dilakukan sebelum menggunakan *Glasswool* yaitu dilakukan pengukuran pada dinding depan dan dinding belakang plat Baja SS400. Hasil yang didapat suhu maksimal pada dinding sampah organik yaitu 576,5 °C dan suhu minimal pada 62 °C. Sedangkan suhu maksimal pada dinding sampah anorganik yaitu 550,5 °C dan suhu minimal pada 31,5 °C. Pengukuran dinding luar dilakukan setelah menggunakan *Glasswool* dan Seng Galvalum. Pengukuran dilakukan pada dinding depan dan dinding belakang Seng Galvalum. Hasil yang didapat suhu maksimal pada dinding sampah organik yaitu 165,5 °C dan suhu minimal pada 34 °C. Sedangkan suhu maksimal pada dinding sampah anorganik yaitu 144,7 °C dan suhu minimal pada 31,5 °C .Pengukuran pun dilakukan pada ruang pembakaran insinerator setelah dilapisi *Glasswool*. Suhu pada ruang pembakaran sampah organik mencapai 777,4 °C dan suhu ruang pembakaran anorganik yaitu 759,4 °C. Dihitung dengan cara bertahap, karena terjadi kenaikan dan penurunan

suhu ketika sampah yang dibakar dan bahan bakar habis. Berikut ini merupakan hasil pengukuran suhu pembakaran dengan massa sampah 1 kg organik dan 1 kg sampah anorganik.

Tabel 3. Data suhu dinding depan insinerator

No.	Waktu (menit)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Organik (°C)		Suhu Anorganik (°C)	
			Dinding Dalam	Dinding Luar	Dinding Dalam	Dinding Luar
1.	5	31	69,7	34	68,4	31,5
2.	10	31	99,8	65,7	89,8	58
3.	15	32	236,4	81,1	192,8	77
4.	20	32	454,9	89,4	392	82,5
5.	25	32	563,3	140,4	455,3	135,6
6.	30	31	393,1	135,4	333,2	122,3
7.	35	31	289	119,9	202	113,1

Tabel 4. Data suhu dinding belakang insinerator

No.	Waktu (menit)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Organik (°C)		Suhu Anorganik (°C)	
			Dinding Dalam	Dinding Luar	Dinding Dalam	Dinding Luar
1.	5	31	62	36,5	58,6	32
2.	10	31	101,3	77,2	89,9	68
3.	15	32	283,6	93,1	254,1	88,3
4.	20	32	460,7	115,7	438,5	104,2
5.	25	32	576,5	165,5	550,5	144,7
6.	30	31	388,7	145,3	325	132
7.	35	31	293,1	121,8	259,2	115,9

Konduksi

Proses Perpindahan Panas Konduksi yang terjadi karena adanya suatu peristiwa perpindahan energi panas dari ruang bakar insinerator yang merambat melalui dinding Plat Baja ke *Glasswool*, lalu merambat ke Seng galvalum. Berikut perhitungannya :

Baja SS400

Konduktivitas Termal : 50,2 W/M°C

Luas penampang : 1,008 m

ΔX : 0,0012

$$R_1 = \frac{\Delta X_1}{K_1 A_2} = \frac{0,0012}{(50,2)(1,008)} = 0,000023 w$$

Glasswool

Konduktivitas Termal : 0,038 W/M°C

Luas penampang : 1,008 m

ΔX = 0,03

$$R_2 = \frac{\Delta X_2}{K_2 A_2} = \frac{0,03}{(0,038)(1,008)} = 0,78 w$$

Seng Galvalum

Konduktivitas Termal : 0,482

Luas penampang : 1,008 m

ΔX : 0,0005

$$R_3 = \frac{\Delta X_3}{K_3 A_3} = \frac{0,0005}{(0,482)(1,008)} = 0,0010 w$$

Sehingga persamaan a, b dan c didapat :

$$q_x = \frac{563,3 - 140,4}{0,000023 + 0,78 + 0,0010}$$

$$q_x = 541,48 w = 0,00054 m w$$

Untuk mencari nilai T_a :

$$q_{k_1} = \frac{563,3 - 140,4}{\frac{0,0012}{50,2 \times 1,008}} = \frac{422,9}{0,000023}$$

$$q_{k_1} = 18.386.956,5 w = 18,3 m w$$

Sehingga :

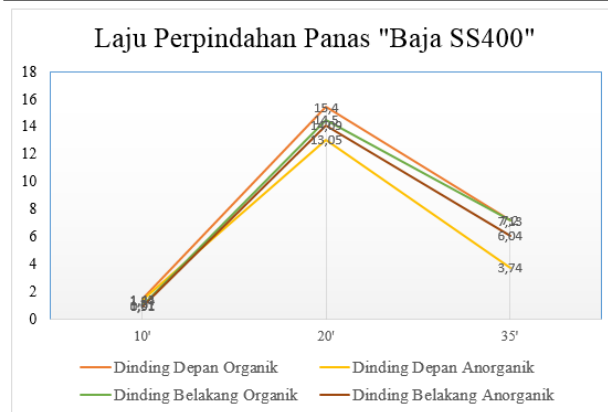
$$T_1 - T_a = q_{k_1} \times R_1$$

$$-T_a = 18,3 \times 0,000023 = 0,00042 \text{ w}$$

Konduksi dinding depan dan dinding belakang pada Baja SS400

Tabel 5. Laju perpindahan panas pada Baja SS400

No	Perhitungan (Menit)	Dinding Depan Organik (MW)	Dinding Depan Anorganik (MW)	Dinding Belakang Organik (MW)	Dinding Belakang Anorganik (MW)
1.	10	1,43	1,34	1,01	0,91
2.	20	15,4	13,05	14,5	14,09
3.	35	7,13	3,74	7,2	6,04



Grafik 1. Laju perpindahan panas pada Baja SS400.

Konduksi dinding depan dan dinding belakang pada Glasswool

Tabel 6. Laju peprindahan panas pada Glasswool

No	Perhitungan (Menit)	Dinding Depan Organik (MW)	Dinding Depan Anorganik (MW)	Dinding Belakang Organik (MW)	Dinding Belakang Anorganik (MW)
1.	10	0,000043	0,000040	0,000030	0,000027
2.	20	0,00046	0,00039	0,00044	0,00042
3.	35	0,00021	0,00011	0,00021	0,00018

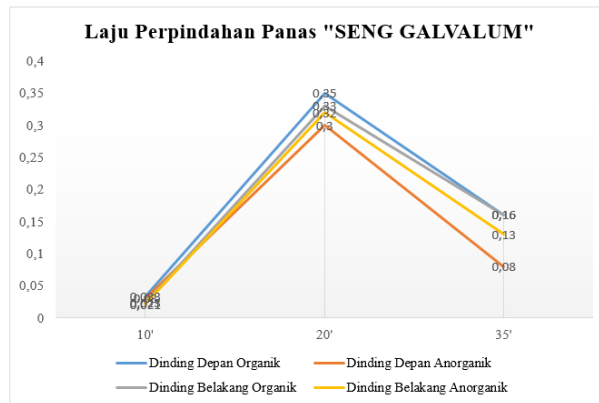


Grafik 2. Laju perpindahan panas pada Glasswool.

Konduksi dinding depan dan dinding belakang pada Seng Galvalum

Tabel 7. Laju perpindahan panas pada Seng Galvalum

No	Perhitungan (Menit)	Dinding Depan Organik (MW)	Dinding Depan Anorganik (MW)	Dinding Belakang Organik (MW)	Dinding Belakang Anorganik (MW)
1.	10	0,033	0,030	0,023	0,021
2.	20	0,35	0,30	0,33	0,32
3.	35	0,16	0,08	0,16	0,13



Grafik 3. Laju perpindahan panas pada Seng Galvalum.

Konveksi

Penentuan sifat fluida berdasarkan suhu rata-rata :

$$T_{\infty} = \frac{563,3 - 140,4}{2} = 211,45 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Jadi, untuk suhu rata-rata pada sampah organik adalah 211,45 °C.

$$T_{\infty} = \frac{455,3 - 135,6}{2} = 159,85 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Hasil dari persamaan di atas dicari nilai K (Kelvin) dengan cara :

Suhu rata-rata pada sampah organik adalah 211,45 °C.

$$211,45^{\circ}\text{C} + 273 = 484,45 \text{ K}$$

Suhu rata-rata pada sampah anorganik adalah 159,85 °C.

$$159,85^{\circ}\text{C} + 273 = 432,85 \text{ K}$$

Tabel 8. Sifat-sifat udara pada tekanan atmosfer

Temperature T K	Density (ρ) (kg/m ³)	Specific Heat (C _p) (kJ/kg ^o C)	Viscosity (μ) (kg/m.s) x 10 ⁵	Thermal conductivity (k) (w/m. ^o C)	Prandtl Number N _{pr}
350	0.9980	1.0090	2.075	0.03003	0.697
400	0.8826	1.0140	2.286	0.03365	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	0.03707	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	0.04038	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	0.04360	0.680

Maka dari tabel 7 berdasarkan perhitungan menggunakan rumus interpolasi didapat sebagai berikut :

Organik

- Kecepatan udara di dalam insinerator = 4,32 m/s
- Kecepatan udara di luar insinerator = 5,28 m/s
- ρ (Densitas Fluida Udara) = 1,03 kg/m³
- C_p (Panas Spesifik) = 1,50 kJ/kg.^oC
- μ (Viskositas Udara) = 5,52 x 10⁻⁵ kg/m.s
- K (Konduktivitas Termal) = 0,037 w/m.^oC
- N_{pr} (Prandtl Number) = 0,89
- D (Diameter/Luas Penampang) = 1,008 m

Menghitung Reynold Number :

$$N_{Re_1} = \frac{1,03 \times 4,32 \times 1,008}{5,52 \times 10^{-5}}$$

$$N_{Re_1} = \frac{4,485}{0,0000552} = 81.250$$

Maka aliran nya turbulen, karena $N_{Re} > 10.000$

$$N_{Re_2} = \frac{1,03 \times 5,28 \times 1,008}{5,52 \times 10^{-5}}$$

$$N_{Re_2} = \frac{5,481}{0,0000552} = 99.309,9$$

Maka aliran nya turbulen, karena $N_{Re} > 10.000$

Untuk mencari nilai Nusselt Number (N_{Nu}), dengan menggunakan rumus :

$$q = \frac{T_1 - T_2 \text{ (Suhu Sampah Organik)}}{\frac{1}{h_1 A} + R_1 + R_2 + R_3 + \frac{1}{h_2 A}}$$

Sehingga nilai N_{Re} pada persamaan di atas didapat 81.250 dan 99.309,9

Maka untuk mencari nilai N_{Nu} :

$$N_{Nu_1} = 81.250 \times 0,89 = 72.312,5$$

$$N_{Nu_2} = 99.309,9 \times 0,89 = 88.385,8$$

Untuk mencari nilai h :

$$h_1 = \frac{72.312,5 \times 0,037}{1,008}$$

$$h_1 = \frac{2.675,56}{1,008} = 2.654,3 \text{ w}$$

$$h_2 = \frac{88.385,8 \times 0,037}{1,008}$$

$$h_2 = \frac{3.270,27}{1,008} = 3.244,3 \text{ w}$$

Maka dari persamaan di atas didapat :

$$q = \frac{563,3 - 140,4}{\frac{1}{2.654,3} + 0,000024 + 0,79 + 0,0010 + \frac{1}{3.244,3}}$$

$$q = \frac{422,9}{0,7917} = 534,16 \text{ w/m}^\circ\text{C}$$

Anorganik

- Kecepatan udara di dalam insinerator = 4,32 m/s
- Kecepatan udara di luar insinerator = 5,28 m/s
- ρ (Densitas Fluida Udara) = 1,16 kg/m³
- C_p (Panas Spesifik) = 1,44 kJ/kg.°C
- μ (Viskositas Udara) = 4,66 x 10⁻⁵ kg/m.s
- K (Konduktivitas Termal) = 0,034 w/m.°C
- N_{pr} (Prandtl Number) = 0,88
- D (Diameter/Luas Penampang) = 1,008 m

Menghitung Reynold Number :

$$N_{Re_1} = \frac{1,16 \times 4,32 \times 1,008}{4,66 \times 10^{-5}}$$

$$N_{Re_1} = \frac{5,05}{0,0000466} = 108.369,09$$

Maka aliran nya turbulen, karena $N_{Re} > 10.000$

$$N_{Re_2} = \frac{1,16 \times 5,28 \times 1,008}{4,66 \times 10^{-5}}$$

$$N_{Re_2} = \frac{6,17}{0,0000466} = 132.403,43$$

Maka aliran nya turbulen, karena $N_{Re} > 10.000$

Untuk mencari nilai Nusselt Number (N_{Nu}), dengan menggunakan rumus :

$$q = \frac{T_1 - T_2 \text{ (Suhu Sampah Organik)}}{\frac{1}{h_1 A} + R_1 + R_2 + R_3 + \frac{1}{h_2 A}}$$

Sehingga nilai N_{Re} pada persamaan di atas didapat 108.369,09 dan 132.403,43

Maka untuk mencari nilai N_{Nu} :

$$N_{Nu_1} = 108.369,09 \times 0,88 = 95.364,79$$

$$N_{Nu_2} = 132.403,43 \times 0,88 = 116.515,01$$

Untuk mencari nilai h :

$$h_1 = \frac{95.364,79 \times 0,034}{1,008}$$

$$h_1 = \frac{3.242,40}{1,008} = 3.216,66 \text{ w}$$

$$h_2 = \frac{116.515,01 \times 0,034}{1,008}$$

$$h_2 = \frac{3.961,51}{1,008} = 3.930,06 \text{ w}$$

Maka dari persamaan di atas didapat :

$$q = \frac{455,3 - 135,6}{\frac{1}{3.216,66} + 0,000024 + 0,79 + 0,0010 + \frac{1}{3.930,06}}$$

$$q = \frac{319,7}{0,7915} = 403,91 \text{ w/m}^2\text{C}$$

Perhitungan *incinerator*

Rumus keliling *glasswool* yang digunakan :

Diketahui :

Panjang = 500 mm

Lebar = 500 mm

Jawab :

$K = 2 (500 + 500)$

$K = 2000 \text{ mm}$

$K = 2 \text{ m}$

Rumus keliling seng galvalum yang digunakan :

Diketahui :

Panjang = 560 mm

Lebar = 560 mm

Jawab :

$K = 2 (560 + 560)$

$K = 2.240 \text{ mm}$

$K = 2,24 \text{ m}$

5. Kesimpulan

Dari hasil analisa peredam panas *glasswool* pada insinerator tersebut suhu ruang pembakaran mencapai $\pm 700\text{-}800^\circ\text{C}$ yang diukur menggunakan *Thermocouple* tipe HT-9815 sebagai hasil suhu yang diukur, dan *probe sensor type K Thermocouple* dengan panjang 50 cm sebagai media penghantar dari bahan yang diukur. *Glasswool* yang digunakan type Quietel dengan tebal 3 cm, dan kapasitas ruang pembakaran insinerator adalah 5 kg sampah organik dan 5 kg sampah anorganik.

1. Suhu maksimal sebelum menggunakan *Glasswool* pada sampah organik yaitu $576,5^\circ\text{C}$ sedangkan suhu pada sampah anorganik yaitu $550,5^\circ\text{C}$.
2. Pengukuran suhu pada ruang pembakaran sampah organik mencapai $777,4^\circ\text{C}$. Sedangkan pengukuran pada ruang pembakaran sampah anorganik mencapai $759,4^\circ\text{C}$. Hal tersebut dilakukan pengukuran dikarenakan adanya kenaikan suhu setelah dilapisi *Glasswool*.
3. Pengukuran suhu pada dinding luar Seng Galvalum pada dinding sampah organik yaitu $165,5^\circ\text{C}$ sedangkan pada dinding sampah anorganik yaitu $144,7^\circ\text{C}$.

Referensi

- Adia Nuraga Galih Pradhita. 2011. Desain dan Uji Kinerja Alat Pembakar Sampah (*Incinerator*) Tipe Batch untuk Perkotaan dilengkapi dengan Pemanas Air. Fakultas Teknologi Pertanian ITB.
- Asosiasi Produsen Isolasi Amerika Utara ("NAIMA"), Fakta Isolasi # 62 "Fakta Kesehatan dan Keselamatan untuk Fiber Glass", Pub. No. N040, Mei 2012.
- Budhi Martana, Sri Sulasminingsih, dan M. Arifudin Lukmana, 2017, "Perencanaan Dan Uji Performa Alat Pembakar Sampah Organik, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik UPN Veteran" Jakarta.
- Frank Kreith. 2020. Principles Of Heat Transfer Third Edition. Arko Prijono M. Sc. 2020. Prinsip-prinsip Perpindahan Panas edisi ketiga.

- Hermansyah, Muh Said L, dan Hernawati, 2017, Rancang Bangun *Incinerator* Dua Tahap (Solusi Mengatasi Polusi Udara Pada Pembakaran Sampah), Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar.
- J.P Holman. 1995. Perpindahan Kalor Edisi Keenam. Professor of Mechanical Engineering Southern Methodist University.
- Kilburn, K H; Powers, D; Warshaw, R H (1 Oktober 1992). "Efek paru-paru dari paparan fiberglass halus: kekeruhan tidak teratur dan obstruksi saluran udara kecil". *Kedokteran Kerja dan Lingkungan*. 49 (10): 714–720. doi: 10.1136 / oem.49.10.714. PMC 1012147. PMID 1419860.
- Paten AS. 1933. Nomor 2133235: Metode & Peralatan untuk Membuat Paten GlassWool First Slayter glass wool.
- Sukamta, Andi Wiranata, dan Thoharuddin, 2017, Pembuatan Alat *Incinerator* Limbah Padat Medis Skala Kecil, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika* Vol.20.