

ANALISIS MESIN *ROTARY DRYER* UNTUK PENGERINGAN BAHAN BAKU PELET *REFUSE DERIVED FUEL (RDF)* MENGGUNAKAN *SOFTWARE SIMULATION ANSYS*

Dzikron Muchlisin^{1*}, Arif Rahman Saleh¹, Sigit Iswahyudi¹, Sigit Mujiarto¹

¹Program Studi S1 Teknik Mesin dan Industri, Universitas Tidar

*Corresponding author: dzikronmuchlisin8@gmail.com

Diterima: 9 September 2023

Direvisi: 1 Desember 2023

Disetujui: 5 Desember 2023

Terbit online: 23 Januari 2024

ABSTRAK

Badan Pusat Statistik Kota Magelang pada tahun 2018 menyatakan sebanyak 121.872 jiwa. banyaknya penduduk mempengaruhi mengakibatkan sampah yang semakin melonjak. Total jumlah volume sampah di Kota Magelang sebanyak 280,19m³ dengan komposisi sampah RDF (Refuse Derived Fuel) sebesar 72,6%, sampah plastik sebesar 9,65%, dan sampah kertas 8,25% (BPS, 2016 dalam Kota Magelang Dalam Angka 2016). Mesin pengering “rotary dryer” ini bekapasitas 30 kg dengan silinder drum pengering berdimensi 90 cm X 60 cm serta memiliki ketebalan dinding 4 mm, dilengkapi saluran masuk, burner, blower, motor listrik 1 HP yang ditranmisikan dengan gear box, dan bahan bakar LPG. Berdasarkan hasil simulasi Ansys yang telah dilakukan dengan suhu 330°C pada Aluminium Alloy 6061 dengan kecepatan putar tabung 1100 rpm. Saluran masuk diatur dengan kecepatan 15 m/s dan dipengarungi gaya grafitasi 9,81 m/s setelah disimulasikan menghasilkan temperatur maksimum sebesar 330,0316 °C dan nilai minimum 30,638°C, kemudian untuk kecepatan velocity menghasilkan nilai minimal 72.65794 m/s dan nilai maksimum sebesar 142.2872 m/s. Hasil uji *equivalent stress maximum* (von mises) simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) dengan tekanan yang didapatkan dari kapasitas 30 kg dan berat tabung pengering 30,25 kg. Sehingga hasil nilai *von mises* yang terjadi pada sebesar 0.32553 MPa.

Kata kunci: RDF (*Refuse Derived Fuel*), *Rotary Dryer*, Simulasi Ansys

ABSTRACT

The Central Bureau of Statistics for the City of Magelang in 2018 stated that there were 121,872 people. The large population influences the increase in waste. The total volume of waste in Magelang City is 280.19m³ with a composition of RDF (Refuse Derived Fuel) waste of 72.6%, plastic waste of 9.65%, and paper waste of 8.25% (BPS, 2016 in Magelang City In Figures 2016). This "rotary dryer" drying machine has a capacity of 30 kg with a drying drum cylinder with dimensions of 90 cm Based on the results of the Ansys simulation which was carried out at a temperature of 330°C on Aluminum Alloy 6061 with a tube rotation speed of 1100 rpm. The inlet channel is set at a speed of 15 m/s and is subjected to a gravitational force of 9.81 m/s. After simulation, it produces a maximum temperature of 330.0316 °C and a minimum value of 30.638 °C, then for velocity it produces a minimum value of 72.65794 m/s and a value of maximum of 142.2872 m/s. Equivalent maximum stress (von mises) test results from Finite Element Analysis (FEA) simulation with pressure obtained from a capacity of 30 kg and a drying tube weight of 30.25 kg. So the resulting von Mises value is 0.32553 MPa.

Keywords: RDF (*Refuse Derived Fuel*), *Rotary Dryer*, Simulation Ansys

1. PENDAHULUAN

Timbunan sampah di Kota Magelang (BPS, Kota Magelang Dalam Angka 2016) yaitu sampah organik sebesar 72,6%, kemudian sampah plastic sebesar 9,65%, dan sampah kertas sebesar 8,25%. Cara paling efektif untuk merencanakan kota tanpa sampah, inovasi yang diterapkan harus sesuai dengan pengaturan pengurangan volume sampah mulai sekarang dalam memulihkan aset dari pemborosan (Zaman et al., 2012). Salah satu Langkah pengolahan yaitu untuk dijadikan sebagai sumber energi terbarukan pelet *Refuse Derived Fuel*.

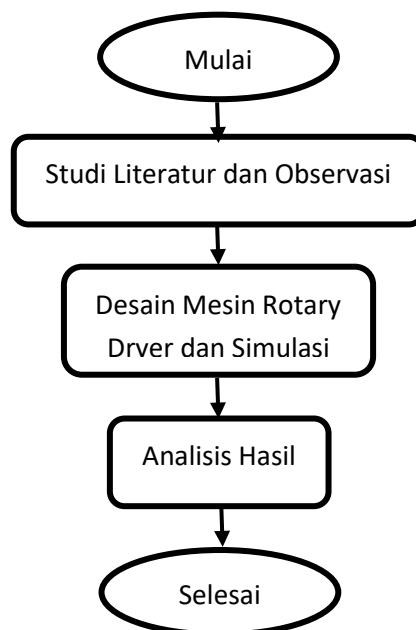
Refuse Derived Fuel merupakan bahan bakar alternatif yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah padat non berbahaya. Rania, et al. (2019), menyatakan tingkat komposisi RDF terdiri dari 2% sisa tekstur, 1% kayu, 15,35% kertas, dan 2,35% karet/kulit sapi serta tambahan 8% sampah plastik. Bahan yang telah dibuat didemonstrasikan dengan hasil pengujian balai penelitian sehingga kadar bahan lain-lainnya = 7,81%, kandungan sampah = 11,64%, kadar air = 4,68%, dan karbon tetap = 75,87%. Proses pengolahan pelet RDF terbagi menjadi 4 tahapan yaitu klasifikasi, pencacahan, pengeringan, dan pembentukan.

Proses pengeringan dilakukan dengan menggunakan mesin *rotating dryer*. *Rotary dryer* merupakan pengering berupa drum yang berputar tanpa henti yang dipanaskan dan dilengkapi dengan *heater* atau *gasifier*. Desain mesin *rotary dryer* ini didesain untuk mengeringkan sampah basah RDF berdiameter 90 X 60 cm dengan ketebalan 4 mm, dilengkapi saluran, burner dengan suhu 330°C, kecepatan blower 15 m/s untuk pemerata panas, menggunakan mesin motor listrik 1 HP/1420 rpm yang ditransmisikan dengan gear box, dan bahan bakar gas LPG.

Penelitian ini akan membahas tentang perancangan mesin rotary dryer sampah RDF kapasitas 30 kg/jam. Penelitian ini juga membahas tentang simulasi *equivalent stress maximum* (von mises) dan *safety factor* menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA), serta simulasi pendistribusian panas menggunakan simulasi *ansys fluent temperature* dan pendistribusian kecepatan blower menggunakan *ansys fluent velocity*.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan peneliti adalah Studi literatur dan Observasi. Sebelum dilakukan analisis, desain mesin *rotary dryer* dibuat terlebih dahulu menggunakan software Solidworks. Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

2.1 Studi Literatur dan Observasi

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan data melalui sumber tulisan yang telah dibuat sebelumnya berupa meliputi buku, jurnal, artikel, internet, dll. Observasi adalah Teknik pengumpulan data melalui kunjungan ketempat yang diperlukan untuk memenuhi data penelitian. Target observasi ini dilakukan di TPA terdekat yaitu TPST3R DUMPOH KELURAHAN POTROBANGSAN yang bertepatan di Jl. Kapten Suparman 39 Potrobangsang, Magelang Utara, Jateng.

2.2. Desain Mesin Rotary Dryer

Pada tahap ini proses pembuatan desain mesin rotary dryer dimulai. Proses mendesain mesin rotary dryer menggunakan software Solidworks dan Spaceclaim. Desain mesin rotary dryer dibuat lengkap dengan komponen yang dibutuhkan. Desain dari silinder pengering mesin rotary dryer harus dibuat teliti agar mesin aman dan efisien digunakan.

2.3. Simulasi

Simulasi dilakukan pada komponen silinder pengering menggunakan software Ansys. Material yang digunakan untuk poros adalah Alluminium Alloy 6061. Simulasi yang dilakukan akan menghasilkan nilai berupa von mises stress, safety factor, velocity, dan temperature.

2.4. Analisis

Hasil yang didapatkan pada proses simulasi berupa nilai von mises stress, safety factor, velocity, dan temperature yang akan dianalisis. Von mises stress digunakan untuk memprediksi batas kekuatan bahan yang digunakan. Nilai von mises stress tidak boleh melebihi dari nilai yield strenght material yang digunakan. Safety factor menyatakan nilai keamanan yang dimiliki oleh suatu komponen. Semakin besar nilainya maka komponen tersebut akan semakin aman. Akan tetapi, akan terjadi pemborosan bahan dan struktur menjadi tidak sesuai dengan fungsinya seperti struktur menjadi terlalu berat [5]. Velocity aliran merupakan analisis kecepatan pergerakan aliran udara dalam membantu pengeringan. Temperature digunakan untuk analisis pemerataan panas pada saat panas masuk berputar disilinder pengering hingga pada saluran output melalui perpindahan panas konduksi dan konveksi. Perhitungan berdasarkan persamaan-persamaan berikut :

Daya yang diperlukan (Sularso,2002) :

$$P = \frac{(\frac{T}{1000})(2.\pi.\frac{n^3}{60})}{102} \dots\dots\dots(1)$$

Gaya yang Terjadi (Halliday, 1996) :

$$F = \frac{T}{r} \dots\dots\dots(2)$$

Perhitungan pulley (Sularso,2004) :

$$d_1N_1 = d_2N_2 \dots\dots\dots(3)$$

Panjang V-belt (Sularso,2004) :

$$L = 2.C + \frac{\pi}{2}(D + D_1) + \frac{(D_1-D)^2}{4C} \dots\dots\dots(4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain Mesin Rotary Dryer RDF

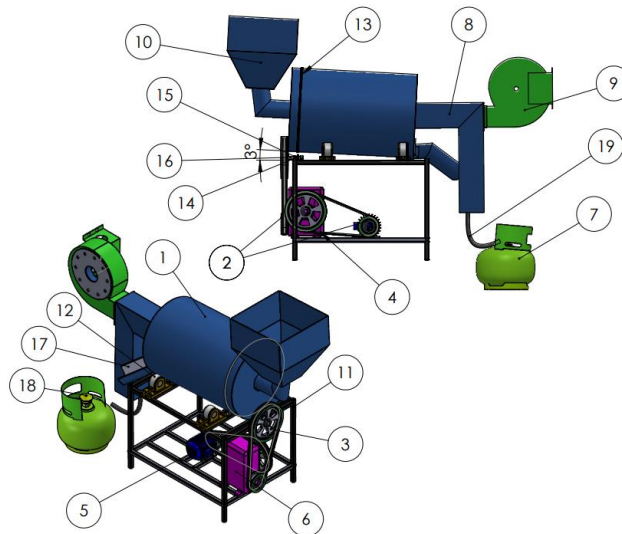
Mesin pengering RDF dengan sistem “rotary dryer” bertipe *continues* ini memiliki drum pengering berdiameter 90 cm X 60 cm, material drum pengering menggunakan bahan Alluminium

Alloy 6061 agar pengeringan lebih optimal. Profil rangka yang digunakan untuk mesin pengering ini menggunakan besi square dengan ukuran panjang 40 mm x lebar 40 mm x dengan ketebalan 3 mm. Mesin pengering ini terdiri atas penyangga silinder pengering (drum), spinner, kipas, gas LPG, motor penggerak 1 HP yang ditransmisikan ke gear box kemudian dihubungkan ke gear yang berfungsi menngerakkan drum pengering. Alat ini sebagai pre-treatment dalam pembuatan pelet RDF. Blower berfungsi sebagai alat pendistribusi panas dan membantu pergerakan sampah RDF basah dalam silinder pengering. Silinder pengering adalah drum dimana proses pengeringan sampah RDF berlangsung, dilengkapi dengan sirip-sirip yang horizontal untuk membantu pergerakan sampah basah RDF. Gas LPG adalah sumber panas yang akan dikonversi menjadi uap panas.

Mesin *rotary dryer* ini berkapasitas 30 kg/jam dengan menggunakan suhu pengeringan 330°C untuk proses grafikasi, Motor penggerak berfungsi menggerakkan drum pengering agar proses pengeringan lebih merata, mesin ini menggunakan dinamo dengan spesifikasi 1 Hp dengan 1400 rpm. Rekayasa rotary dryer RDF dapat dilihat pada gambar 2.

Tabel 1. Spesifikasi Mesin Rotary Dryer RDF

Spesifikasi	Keterangan
Kapasitas produksi	30 kg/jam
Putaran	1400 rpm
Penggerak	1 Hp
Model	<i>Rotary Dryer type continues</i>
Temperatur inlet	330 °C
Daya	81,4 Kwh
Material silinder pengering	Aluminium alloy 6061
Profil	Square 40 mm x 40 mm x 3 mm



Keterangan :

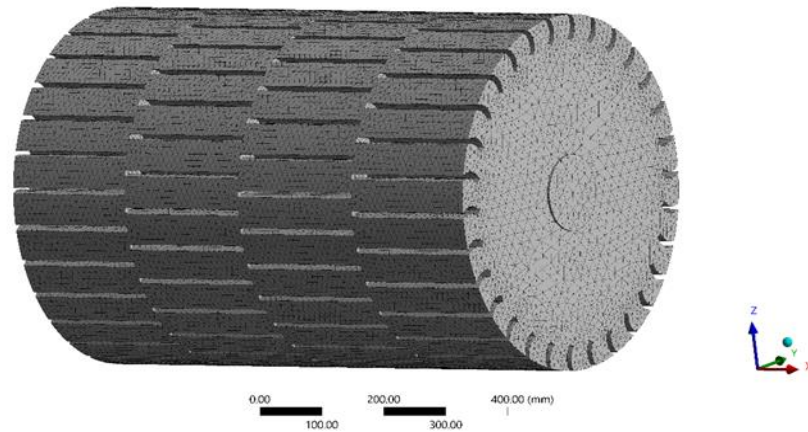
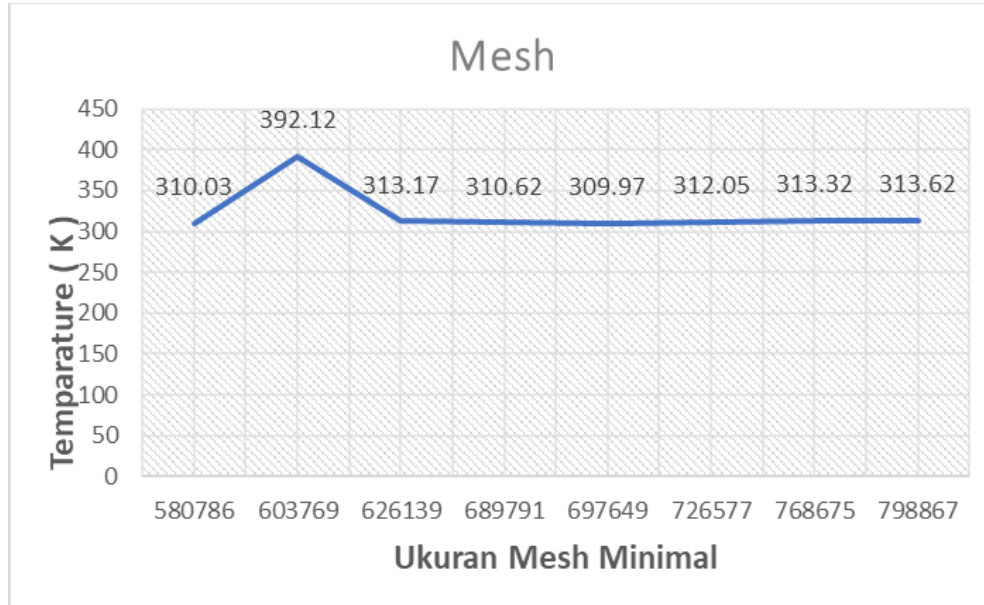
- | | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Drum pengering/tabung pengering | 11. Frame/rangka |
| 2. Pulley 5" | 12. Bearing penahan |
| 3. Pulley 15" | 13. Rantai |
| 4. V-belt | 14. Gear |
| 5. Motor listrik 1 Hp | 15. Bearing gear |
| 6. Gear box 1 : 80 | 16. As gear |
| 7. Gas LPG | 17. Hopper out/saluran keluar |
| 8. Burner | 18. Regulator gas LPG |
| 9. Blower | 19. Selang gas LPG |
| 10. Hopper in/Saluran masuk | |

Gambar 2. Rancangan *Rotary Dryer* RDF

3.2. Hasil

Tahap pertama dalam melakukan simulasi adalah menentukan *Grid Independence Test* (GIT) untuk menentukan hasil dari simulasi sudah akurat atau belum, kita bisa melakukan verifikasi berupa pemberian variasi jumlah mesh dimana ketika hasil simulasi tidak banyak berubah atau sensitif lagi terhadap variasi mesh yang diberikan, maka hasil dari simulasi sudah dikatakan independence dimana hasil dari simulasi tidak bergantung lagi pada jumlah mesh bisa dilihat pada gambar 3 dan tabel 2.

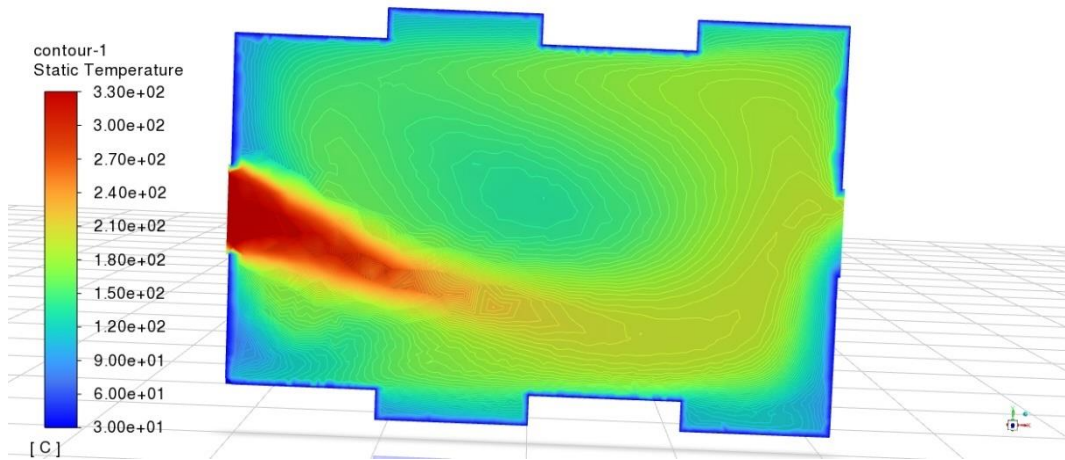
Tabel 2. Hasil Grafik *Grid Independence Test* (GIT)



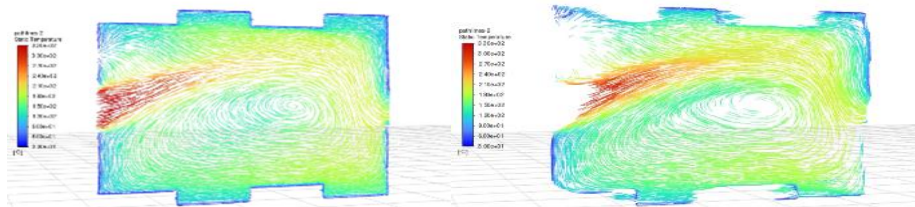
Gambar 3. Mesh element 626139

Berdasarkan hasil simulasi mesh sensitivity test dengan pembebanan panas suhu sebesar 330°C terhadap output aliran, maka bisa disimpulkan konvergensi dimulai pada mesh 626139 dengan element size 20 mm.

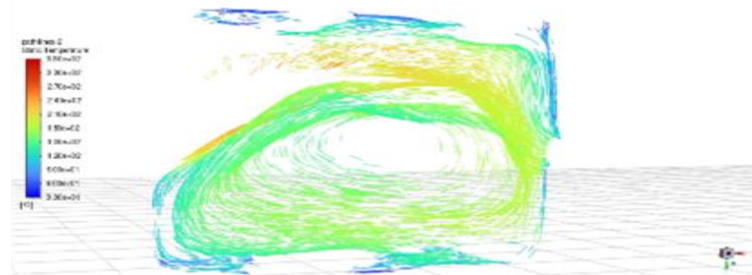
3.2.1. Aliran Temperature



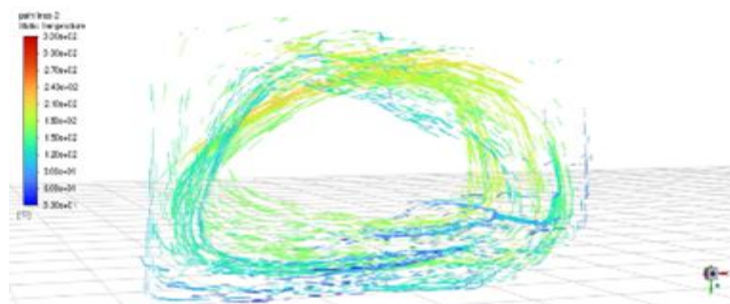
Gambar 4. Laju temperature pada silinder pengering



Gambar 5. Detail siklus masuk temperatur



Gambar 6. Detail siklus kesetimbangan

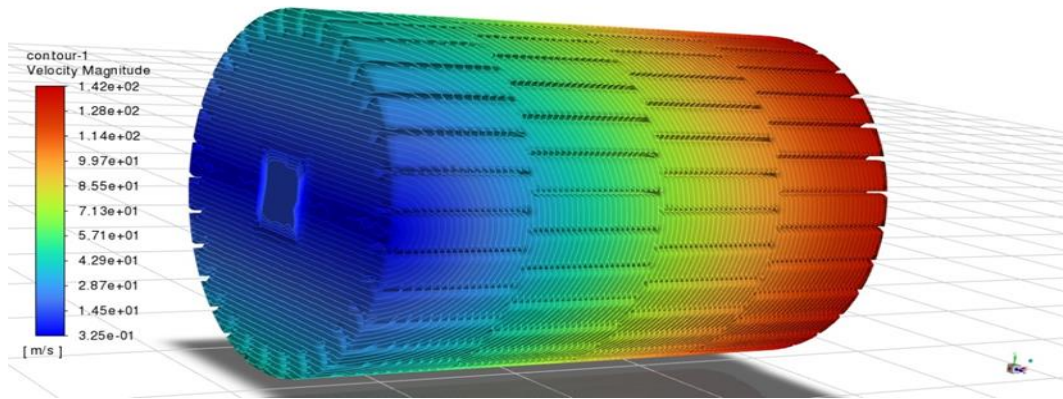


Gambar 7. Detail penyatuan sempurna

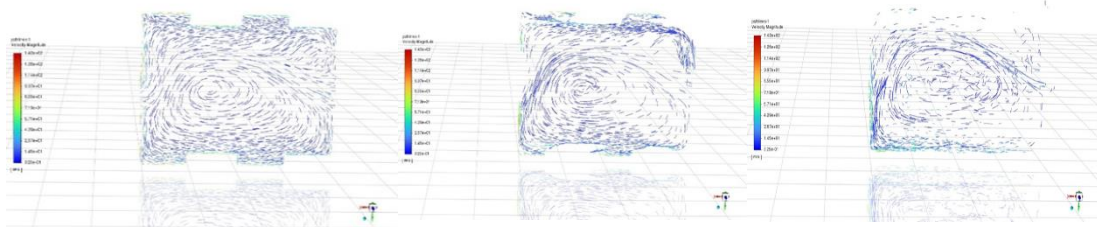
Pada gambar 4. menunjukkan laju temperatur panas pada saluran masuk dengan suhu 330°C yang terjadi pada silinder pengering dengan spesifikasi ketebalan profil 4 mm menggunakan Aluminium Alloy 6061. Gambar 5. menunjukkan bahwa panas masuk dengan dibantu laju blower dengan kecepatan 15 m/s masuk kemudian membaur dengan temperature pada tabung pengering. Aliran panas masuk yang berkecepatan tinggi diidentifikasi dengan warna merah, panas masuk berputar hingga temperatur pada dinding tabung pengering ikut dengan aliran yang bergerak

disebabkan perpindahan kalor natural yang terjadi akibat perpindahan temperatur, dimana kalor bergerak dari suatu zat dengan temperature tinggi ke suatu zat dengan temperatur yang lebih rendah diidentifikasikan dengan warna oren sampai kebiruan. Perpindahan kalor ini akan terus berlangsung hingga kedua zat tersebut mencapai pertemuan siklus temperature. Perpindahan kalor dapat terjadi pada tabung pengering ada dua cara konveksi dan radiasi dapat dilihat pada gambar 6. Hasil aliran fluida tersebut dapat dilihat pada gambar 7. saat temperatur kalor tinggi dan temperatur rendah dapat menyatu secara sempurna. Berdasarkan hasil simulasi fluent dengan pembebanan, nilai temperatur maksimal dihasilkan dengan nilai 330,0316 °C dan nilai minimal 30,638°C. Daerah temperatur paling kritis ini terjadi pada saluran inlet yang bertepatan pada saluran masuk yang terdapat burner dan blower sebagai pemerata panas.

3.2.2. Laju aliran Velocity Pada Silinder Pengering



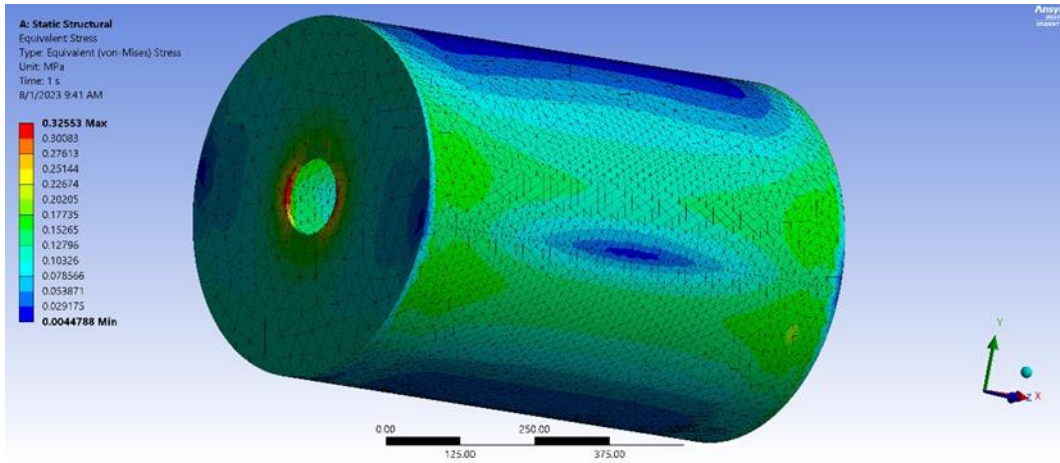
Gambar 8. Laju Aliran Velocity



Gambar 9. Detail aliran velocity

Aliran fluida yang memasuki tabung pengering disebut sebagai daerah masuk (*entrance region*) saat fluida bergerak masuk dengan kecepatan 15 m/s, efek viskos menyebabkan tetap menempel sebagian aliran pada dinding tabung pengering ini, dikarenakan fluida udara memiliki sifat inviscid sehingga terjadi kerugian minor yang terjadi pembesaran mendadak. Efek turbulensi membangkitkan tegangan geser yang lebih besar diseluruh fluida dan mengekibatkan lebih banyak ketakmampu balikan (*irreversibilitas*) atau kerugian. Jadi, sebuah lapisan batas (*boundary layer*) dimana efek viskos menjadi penting timbul disepanjang dinding tabung pengering sedemikian hingga profil kecepatan awal, efek viskos memberikan efek gaya penghambat sehingga mengimbangi gaya tekan, gaya panas, dan aliran. Jika efek viskos tidak ada maka aliran, velocity akan konstan. Aliran wall mengalir memutar dengan kecepatan ditunjukkan dengan vector seperti gambar 4.10. dengan adanya gaya gravitasi maka aliran juga ditarik kebawah sebesar 9,81 m/s menghasilkan nilai maksimum 72.65794 m/s. Daerah tegangan paling kritis ini terjadi pada bagian samping sisi bagian output dengan nilai maksimum 142.2872 m/s seperti yang terlihat pada gambar 9.

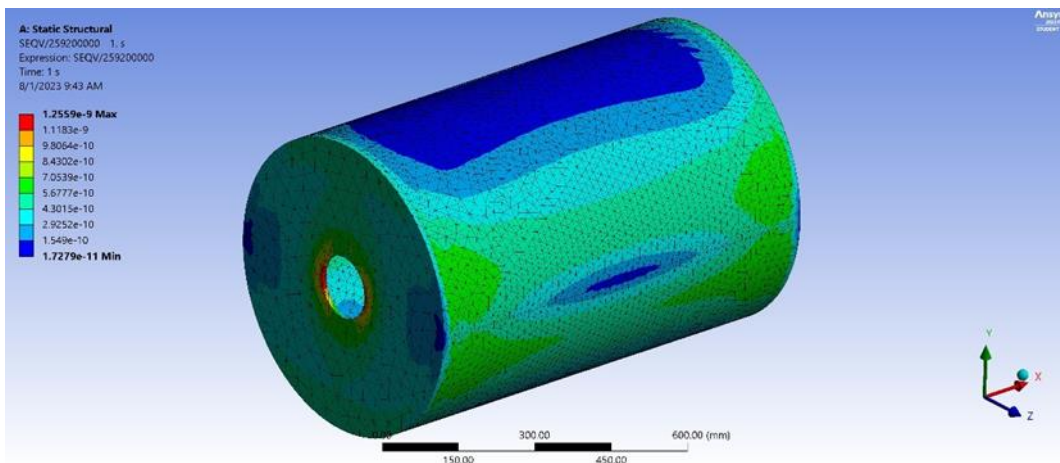
3.2.3. Equivalent Stress Maximum (Von Mises)



Gambar 10. Hasil uji Von Misses

Tekanan yang didapatkan berdasarkan beban kapasitas pengeringan 30 kg dan berat tabung pengering 30,25 kg, sehingga menghasilkan tekanan sebesar 0.000591MPa kemudian dilengkapi gaya gravitasi sebesar 9,81 m/s. Terlihat pada gambar 10. titik *equivalent stress maximum (von mises)* terletak di dekat burner dimana letak inlet berada. Nilai *equivalent stress maximum (von mises)* yang terjadi pada sebesar 0.32553 MPa. Hal ini terjadi karena pada saat tabung memutar tabung, beban berkumpul pada satu titik pada ujung-ujung tabung yang mengakibatkan terjadinya nilai *von mises* meningkat. sehingga dugaan tabung menerima beban melebihi ambang batas cukup terbukti dari hasil simulasi ini.

3.2.4. Safety Factor



Gambar 11. Hasil FEA Safety Factor

Safety factor merupakan parameter nilai kekuatan tekan dari struktur dalam menerima pembebanan. Semakin kecil nilai *safety factor* maka akan semakin besar kemungkinan struktur dalam mengalami kegagalan. Nilai ini dihasilkan dari perbandingan antara distribusi gaya yang terjadi dengan tegangan luluh material. Berdasarkan (Mulyanto et al, 2017) standar nilai *safety factor* adalah diatas 1. Semakin tinggi nilai *safety factor* maka kemungkinan kegagalan struktur yang akan terjadi akan semakin

kecil. Berdasarkan gambar 11. didapatkan hasil nilai safety factor sebesar 1.7, maka dapat disimpulkan bahwa nilai dari simulasi ini memenuhi untuk standar pembuatan alat.

4. KESIMPULAN

Sistem “*rotary dryer* berdasarkan hasil simulasi Ansys disimulasikan menghasilkan temperatur maksimum sebesar 330,0316 °C dan nilai minimum 30,638°C, kemudian untuk kecepatan velocity menghasilkan nilai minimal 72.65794 m/s dan nilai maksimum sebesar 142.2872 m/s. Sehingga nilai *equivalent stress maximum (von mises)* yang diberi tekanan oleh berat silinder pengering dengan berat sampah basah RDF 30 kg yang dilengkapi grafitasi menghasilkan 0.32553 MPa. Serta hasil FEA *Safety Factor* menghasilkan angka 1.7 sehingga memeneuhi standar yang dibutuhkan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS, 2018 dalam Kota Magelang Dalam Angka 2018.
- [2] BPS, 2016 dalam Kota Magelang Dalam Angka 2016.
- [3] Zaman, A.U., Lehmann, S. (2012). “Urban growth and waste management optimization towards ‘zero waste city’”, *Journal of City, Culture and Society in Press*, 2 (2011) 177–187. Januar.
- [4] Rania, M. F., Lesmana, I. G. E., & Maulana, E. (2019). Analisis potensi *refuse derived fuel* (rdf) dari sampah pada tempat pembuangan akhir (tpa) di kabupaten Tegal sebagai bahan bakar incinerator pirolisis. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 13(1), 51-59.
- [5] Sriwijaya, Sayid Bahri. (2016). “Analisa Potensi Sampah Di TPSA Cilowong Sebagai Bahan Baku *Refuse Derived Fuel* (RDF).” *TEKNOBIZ* 6(3): 174–82.
- [6] Mulyanto, T., & Spto, A. D. (2017). Analisis Tegangan Von Mises Poros Mesin Pemotong Umbi-Umbian dengan Software Solidworks. *Presisi*, 18(2)