

## Distribusi Temperatur Pada Desain dan Pemilihan Material Drum Pengering Mesin Pengering *Rotary dryer* Untuk Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Finite Volume Method

Hendra<sup>1,\*</sup>, M. Silalahi<sup>1</sup>, A. Indriani<sup>2</sup>, M. Syaiful<sup>3</sup> dan Hernadewita<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin Universitas Bengkulu, Jl. W.R. Supratman Kandang Limun Bengkulu, Indonesia

<sup>2</sup>Teknik Elektro Universitas Bengkulu, Indonesia

<sup>3</sup>Teknologi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu, Indonesia

<sup>4</sup>Teknik Industri Universitas Mercubuana, Kampus Menteng Jakarta Pusat, Indonesia

\*h7f1973@yahoo.com

### Abstrak

Mesin *rotary dryer* banyak digunakan pada industri pengolahan makanan, perkebunan, industri otomotif dan lainnya. Mesin *rotary dryer* bekerja memanfaatkan panas untuk mengeringkan produk makanan, hasil perkebunan, biji aspal dan sebagainya. Dalam tulisan ini mesin *rotary dryer* digunakan untuk mengeringkan limbah cair dari hasil perkebunan seperti limbah cair sawit menjadi produk turunan yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Produk turunan itu berupa tanah lempung dan arang yang dapat dijadikan pupuk, fiber atau material komposit. Komponen utama mesin *rotary dryer* untuk pengolahan limbah cair sawit adalah drum inlet dan outlet, drum pengering, burner, pompa, blower, *wet scrubber*, rangka dan komponen lainnya. Komponen yang paling kritis dalam pengolahan limbah sawit ini adalah drum pengering karena drum pengering menerima langsung panas dari burner untuk mengeringkan limbah cair yang ada di dalam drum pengering dengan temperatur kerja hingga 110<sup>0</sup>C. Temperatur kerja yang tinggi memerlukan material dengan daya hantar panas yang tinggi, tahan panas dan tahan korosi agar produk atau limbah yang akan dikeringkan lebih optimal, bersih dan ramah lingkungan. Hal ini didapatkan dengan pemilihan desain dan material drum yang tepat akan menunjang kinerja mesin *rotary dryer* untuk menghasilkan produk dengan waktu yang lebih singkat, bersih dan ramah lingkungan. Selain pemilihan desain dan material, kondisi drum pengering juga harus diperhatikan seperti balance (center) agar memudahkan pergerakan dan pemerataan panas drum, pemasangan drum dan lainnya. Dalam penelitian ini sebelum drum dibuat dengan proses pembentukan, pengelasan, pengecoran dan pemesinan, terlebih dahulu dilakukan pemodelan desain dan pemilihan material menggunakan simulasi dengan metode *finite element* dan *finite volume*. Hal ini untuk menghemat biaya dalam pemilihan dan pembuatan material drum yang sesuai dengan temperatur pengeringan limbah cair yang akan dikeringkan. Material drum yang digunakan dalam penelitian ini adalah material *cast iron*, *stainless steel* dan *steel*. Unjuk kerja material drum yang diinginkan adalah distribusi temperatur yang cepat dan merata, tegangan termal yang rendah, tahan korosi dan reaksi kimia. Untuk mengetahui unjuk kerja drum berupa distribusi temperatur dari material *cast iron*, *stainless steel* dan *steel*. dilakukan simulasi menggunakan *finite volume method*. Dalam analisis ini ditunjukkan desain berupa bentuk drum pengering dan dimensi drum berupa panjang, diameter dan tebal lapisan dinding pengering dengan temperatur kerja maksimum 110<sup>0</sup>C.

**Kata kunci :** Limbah Cair, Drum Pengering, Mesin *Rotary dryer*, Distribusi Temperatur, *finite volume method*.

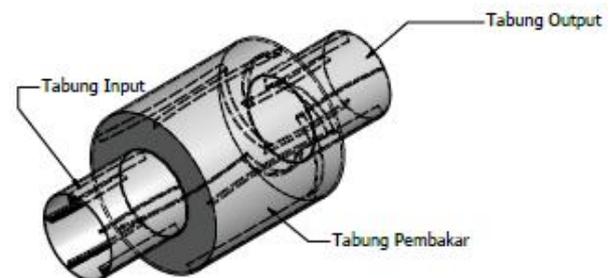
### Pendahuluan

Mesin *rotary dryer* merupakan mesin yang dapat digunakan untuk mengolah dan mengeringkan bahan mentah menjadi produk jadi berupa biji-bijian hasil panen, buah-buahan [1], butir aspal [2], makanan [3], limbah cair [4] dan lainnya [5,6]. Prinsip kerja mesin *rotary dryer* adalah memanaskan produk mentah hingga kering dengan temperatur tertentu. Pengerian dilakukan oleh drum pengering yang digerakkan oleh motor. Penggerak mesin *rotary dryer* dapat dilakukan secara manual dan otomatis menggunakan PLC atau microcontroller [4]. Panas didapatkan dari burner yang dipasang pada rumah drum pengering.

Mesin *rotary dryer* memiliki beberapa komponen utama yaitu drum pengering [7], drum inlet/outlet, sirip pengaduk [8], burner, rangka dudukan drum pengering, motor penggerak, bantalan dan komponen lain. Drum pengering merupakan komponen penting yang harus didesain dan materialnya dipilih yang sesuai dengan sifat penghantar panas yang baik agar mendapatkan hasil yang optimal, tegangan termal yang rendah dan sifat mekanik lainnya. Drum pengering ini bekerja pada temperatur yang tinggi dimana desain dan material drum harus sesuai dengan kondisi temperatur produk yang akan dikeringkan. Temperatur kerja yang tinggi menyebabkan tegangan termal muncul pada drum pengering. Tegangan yang besar akan memudahkan terjadi kegagalan pada drum pengering. Untuk itu, drum pengering harus dipilih dan dibuat dengan menggunakan material yang memiliki kemampuan penghantar panas yang baik, tahan panas dan korosi serta memiliki tegangan termal yang rendah. Material drum dapat dipilih dari material *cast iron*, *stainless steel* dan *steel*. Daya hantar panas yang baik didapatkan dari distribusi temperatur yang terjadi, tegangan termal didapat dari nilai maksimum tegangan yang terjadi. Distribusi temperatur dan tegangan termal dapat diketahui dengan pengukuran dan simulasi [9,10]. Dalam tulisan ini

difokuskan pada simulasi menggunakan metode *finite volume* untuk mengetahui distribusi temperatur pada drum pengering dan tegangan termal dikalkulasi menggunakan metode *finite element*. Batasan kajian dalam tulisan ini adalah simulasi untuk mengetahui distribusi temperatur pada desain dan bahan drum dari material *cast iron*, *stainless steel* dan *steel* dengan drum pengering berbentuk silinder.

Distribusi temperatur yang diperoleh akan digunakan untuk mengetahui tegangan yang terjadi akibat panas atau termal pada drum pengering sehingga diperoleh bentuk desain dan material yang sesuai dengan kondisi pengeringan. Material yang akan dikeringkan adalah limbah cair (sawit).



Gambar 1. Drum Pengering, Inlet dan Outlet

## Metodologi

**Alat dan Bahan.** Alat yang didesain dalam penelitian ini adalah drum pengering pada mesin *rotary dryer* untuk pengolahan limbah cair. Drum pengering terdiri atas drum pengering utama, drum inlet dan outlet seperti terlihat pada Gambar 1. Proses pemodelan desain drum berbentuk silinder bertingkat dimana didalam drum terdapat sirip pengaduk seperti terlihat pada Gambar 1. Dimensi drum adalah tebal drum 5 mm, diameter drum pengering 500 mm dan panjang 510 mm, diameter inlet dan outlet 270 mm dan panjang 300 mm. Bahan drum terbuat dari *cast iron*, *stainless steel* dan *steel*.

3D model digunakan untuk simulasi drum pengering dengan properties seperti terlihat pada Tabel 1 menggunakan *finite volume method*.

Tabel 1. Properti Material

Material	Young Modulus (GPa)	Yield Strength (MPa)	Tesile Strength (MPa)	Heat Specific	Thermal Conductivity (W/mOK)	Coefficient Thermal Expansion ( $\mu\text{m}/\text{OC}$ )	Density ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )
Cast Iron	120,5	758	884	450	21	12	7,15
Stainless steel	193	250	540	477	16,2	10,4	
Steel	210	207	345	480	56	12	

Properti material pada Tabel 1 dijadikan input dalam simulasi untuk mendapatkan distribusi temperatur pada drum pengering berupa *Young modulus*, *thermal conductivity*, *heat specific* dan *coefficient thermal expansion*. Pengaturan temperaturnya adalah temperatur lingkungan dan drum pengering awal  $28^{\circ}\text{C}$ . Temperatur akhir pemanasan drum pengering adalah  $110^{\circ}\text{C}$ . Bahan yang akan dikeringkan diambil dari limbah cair (sawit).

Bentuk model dan mesh drum pengering dapat dilihat pada Gambar 2. Mesh dibuat dengan elemen berbentuk segitiga.



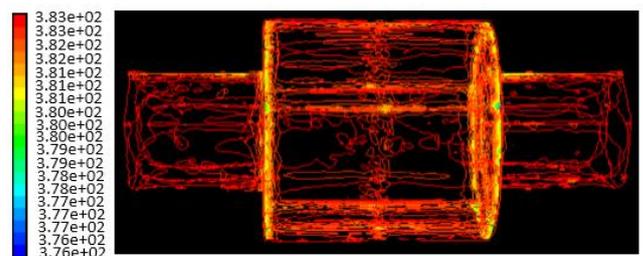
Gambar 2. Bentuk dan Mesh Model Drum Pengering

### Hasil

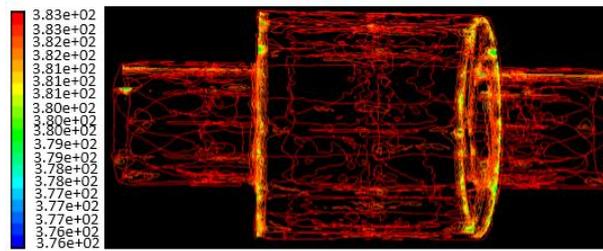
Hasil simulasi desain drum pengering berbentuk silinder dan pemilihan material dapat dilihat pada Gambar 3 hingga 8. Gambar 3 menunjukkan distribusi temperatur pada drum pengering menggunakan material *cast iron*, dimana pada Gambar 3 terlihat bahwa distribusi temperatur merata pada seluruh dinding drum pengering tetapi terjadi sedikit

perbedaan temperatur pada sisi flens penyambung drum pengering yaitu sebesar  $1^{\circ}\text{C}$  ( $382\text{K}$ ). Perbedaan timbul disebabkan oleh lapisan flens yang berfungsi sebagai penghubung drum utama ke drum outlet memiliki tebal dan diameter menurunkan temperatur yang mengalir sisi bawah drum pengering. Fenomena ini sama pada semua material yang digunakan yaitu *cast iron*, *stainless steel* dan *steel*. Pada bagian atas drum inlet dan outlet temperatur yang didapatkan adalah  $108^{\circ}\text{C}$  ( $381\text{K}$ ). Temperatur tertinggi yang dihasilkan oleh model dengan material *cast iron* maupun material lain adalah  $110^{\circ}\text{C}$  ( $383\text{K}$ ) dan terendah sebesar  $103^{\circ}\text{C}$  ( $376\text{K}$ ) seperti dapat dilihat pada Gambar 3 hingga 5. Dimana temperatur yang ingin dicapai oleh drum pengering ini sesuai dengan temperatur maksimum drum pengering yang diinginkan untuk proses pengeringan. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi temperatur pada desain dan material drum pengering telah mencapai batas maksimal yaitu  $110^{\circ}\text{C}$  ( $383\text{K}$ ).

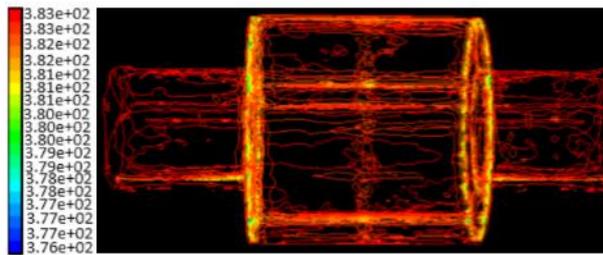
Untuk material *cast iron* pada Gambar 3 terlihat penyebaran temperatur pada daerah drum inlet dan outlet masih ada yang berada dibawah temperatur  $108^{\circ}\text{C}$  ( $381\text{K}$ ) dimana hal ini menunjukkan bahwa temperatur yang dihasilkan masih kurang mencapai titik temperatur maksimum ( $110^{\circ}\text{C}$ ) terutama pada bagian yang memiliki flens. Tetapi untuk proses pengeringan yang dibutuhkan memiliki temperatur  $110^{\circ}\text{C}$  adalah daerah drum pengering utama karena drum berfungsi sebagai drum pengering.



Gambar 3. Distribusi Temperatur pada Drum pengering menggunakan Material Cast Iron

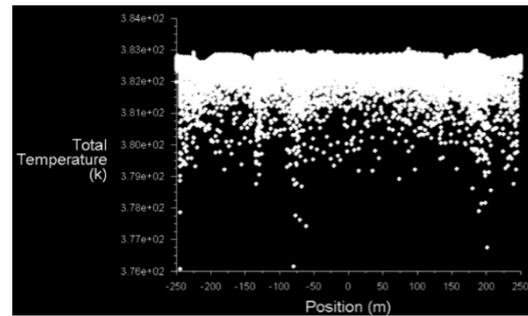


Gambar 4. Distribusi Temperatur pada Drum pengering menggunakan Material *Stainless steel*

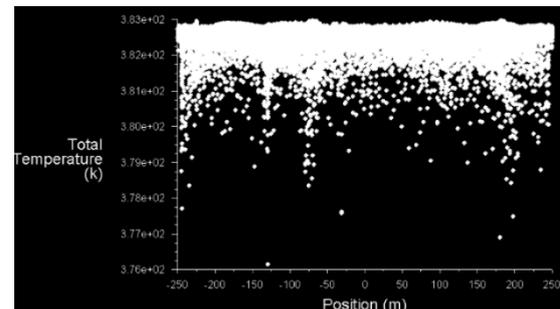


Gambar 5. Distribusi Temperatur pada Drum pengering menggunakan Material *Steel*

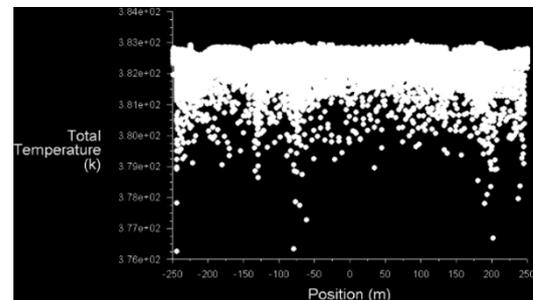
Distribusi temperatur untuk drum inlet dan outlet menggunakan material *stainless steel* dan *steel* dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5. Pada Gambar 4 dan 5 terlihat fenomena yang sama dengan penggunaan drum dari material *cast iron* yaitu temperatur maksimum  $110^{\circ}\text{C}$  (383K) merata disepanjang dinding drum, tetapi masih ada yang tidak mencapai  $110^{\circ}\text{C}$ . Distribusi temperatur maksimum dan minimum dapat dilihat pada Gambar 6 hingga 8. Dimana temperatur maksimum  $110^{\circ}\text{C}$  (383K) dan temperatur minimum  $103^{\circ}\text{C}$  (376K). Kurva distribusi penyebaran temperatur untuk *cast iron* dapat dilihat pada Gambar 6. Dimana terlihat untuk material *cast iron* distribusi temperatur dibawah  $107^{\circ}\text{C}$  penyebaran tidak terlalu banyak dibanding dengan penyebaran pada material *stainless steel* dan *steel* (lihat Gambar 7 dan 8). Untuk penyebaran temperatur diatas  $108^{\circ}\text{C}$  terlihat bahwa material *steel* memiliki pola penyebaran merata. Hal ini menunjukkan penyerapan panas menggunakan material *steel* lebih baik dibanding menggunakan material *stainless steel* dan *cast iron*.



Gambar 6. Posisi Temperatur Maksimum dan Minimum Drum pengering menggunakan Material *Cast Iron*



Gambar 7. Posisi Temperatur Maksimum dan Minimum Drum pengering menggunakan Material *Stainless steel*



Gambar 8. Posisi Temperatur Maksimum dan Minimum Drum pengering menggunakan Material *Steel*

Distribusi temperatur maksimal dan minimal untuk material *stainless steel* lebih sedikit yang berada dibawah  $105^{\circ}\text{C}$  (378K) dan merata pada temperatur  $109^{\circ}\text{C}$  hingga  $110^{\circ}\text{C}$  dibanding dengan drum dari material *cast iron* dan *steel* seperti terlihat pada Gambar 7. Hal ini menunjukkan penggunaan *stainless steel* lebih baik dalam segi distribusi temperatur untuk pengeringan limbah cair dengan temperatur hingga  $110^{\circ}\text{C}$  (383K).

## Kesimpulan

Dari hasil pemodelan menggunakan metode *finite volume* didapatkan kesimpulan yaitu:

1. Pemilihan desain dan material drum pengering menunjukkan distribusi temperatur drum pengering untuk limbah cair lebih merata pada 108<sup>0</sup>C terutama pada material *stainless steel*.
2. Dengan variasi material yaitu *cast iron*, *stainless steel* dan *steel*, temperatur pada dinding drum pengering memiliki temperatur maksimum sebesar 110<sup>0</sup>C (383K) dan temperatur minimum sebesar 103<sup>0</sup>C.
3. Untuk proses pengolahan limbah cair, penggunaan material *stainless steel* lebih cocok karena pemanasannya lebih merata pada semua dinding drum pengering pada temperatur 109<sup>0</sup>C.

## Referensi

- [1] Patent US 4566376, W. A. Webb, *System For Producing Crisp Fruit Chips*, Jan 28, 1986.
- [2] Patent US 3407511, W.T., Camm, *Rotary dryer For Aggregate*, Oct 29, 1968.
- [3] Patent US 5669288, David R., Zittel, *Rotating Drum Food Processor with Cleaning Spray Accessible Panels*, Sep 23, 1997.
- [4] Hendra, Indriani, A., Hernadewita, Rizal, Y., *Assembly Programmable Logic Control (PLC) in the Rotary dryer Machine for Processing Waste Liquid System*, Applied Mechanics and Materials, Vol. 842, pp. 319-323, ISSN:1662-7482, doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.842.319
- [5] Patent US 4750377, John Carr, et al, *Assembly For Rotating A Drum*, Jun 14, 1988.
- [6] Patent US 8910393, Kuhn et al., *Drying Apparatus For Pourable Material And Method For Producing A Drying Apparatus For Pourable Material*, Dec 16, 2014.
- [7] Patent US 4447966, Mollenkopf et al, *Rotary Drum*, Fed. Rep. Of Germany, May 15, 1984.
- [8] DE2332626A1 Buettner Schilde Haas Ag, *Rotating Furnace Drum- Has Radial Sliding Guides And Internal Central Support For Internal Blades*, Jan 9, 1975.
- [9] Noda, N.A., Hendra, Takase, Y., and Li, W., *Thermal Stress Analysis for Ceramics Stalk in the Low Pressure Die Casting Machine*, Journal of Solid Mechanics and Material Engineering, Vol. 3, No.10 (2009), pp. 1090-1100.
- [10] Noda, N.A., Hendra, Yasushi TAKASE, Wenbin LI, *Thermal Stress and Heat Transfer Coefficient for Ceramics Stalk having Protuberance Dipping into Molten Metal*, Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, Vol.4 No.8 PP. 1-16 (2010).