

Contents list available at [Sinta](https://sinta)**A R M A T U R**

: Artikel Teknik Mesin &amp; Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>**Perancangan dan Simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) pada Tabung Mesin *Rotary Dryer* untuk Pengeringan Batu Kapur dalam Industri Semen**Nani Mulyaningsih<sup>1\*</sup>, Arief Prasetyo<sup>2</sup>, Ikhwan Taufik<sup>3</sup><sup>1, 2, 3</sup>Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Jl. Kapten Suparman No. 39, Magelang Utara, Kota Magelang, Jawa Tengah, 56116, Indonesia.**A R T I C L E  
I N F O**

*Keywords:*  
*computational fluid dynamics,*  
*rotary dryer machine, cement*

**A B S T R A C T**

*The cement industry is one of the most important industries to fulfill the needs of infrastructure, construction, and development. The rotary dryer, as a commonly used drying equipment in the cement manufacturing industry, works with the principle of flowing heat directly into a rotating tube containing raw materials to be dried. The research was conducted by designing a rotary dryer works on dimensions of 3100 mm long, 1000 mm wide, 620 mm high, 750 mm diameter tube, and 2400 mm long using SolidWorks 2022 software and simulating the machine frame using Ansys 2023 software. This machine uses a 20 HP electric motor to drive the tube during the drying process with a tube capacity of 450 kg/hour and a rotating speed of 15 rpm. The frame material uses AISI 1020 steel. Based on the CFD simulation results on the rotary dryer machine tube, the best heat distribution with drying efficiency seen from the heat distribution is 74%.*

**Pendahuluan**

Industri semen merupakan salah satu industri yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan infrastruktur, konstruksi, dan pembangunan. Banyaknya proyek pembangunan dan perbaikan infrastruktur di berbagai daerah Indonesia memicu kebutuhan semen semakin meningkat. Hal ini menjadikan industri

semen sebagai elemen krusial dalam upaya pembangunan infrastruktur dan memperkuat perekonomian Indonesia. [1]

Total penjualan semen di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahun dari 2016 hingga 2018. Namun, pada tahun 2019, munculnya pandemi Covid-19 menyebabkan dampak negatif terhadap permintaan pasar yang mengakibatkan

\*Corresponding author: [nani\\_mulyaningsih@untidar.ac.id](mailto:nani_mulyaningsih@untidar.ac.id)

DOI: <https://10.24127/armatur.v5i1.5225>

Received 30 Desember 2023; Received in revised form 20 March 2024; Accepted 20 March 2024

Available online 22 March 2024

penurunan penjualan semen hingga 52% dari 8 juta ton pada Oktober 2019 menjadi 3,8 juta ton pada Mei 2020. Meskipun demikian, situasi mulai membaik dan penjualan semen kembali meningkat sebesar 5,9% pada tahun 2021 dan 7,6% pada tahun 2022. [6].

PT Indocement Tungal Prakarsa Tbk. sebagai salah satu perusahaan semen terkemuka di Indonesia memiliki komitmen untuk terus meningkatkan efisiensi produksi demi memenuhi tuntutan pasar yang semakin kompetitif. Salah satu aspek penting dalam proses produksi semen adalah pengeringan bahan baku. Dalam konteks ini, penggunaan mesin *rotary dryer* menjadi penting sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi pengeringan bahan baku.

Prinsip kerja mesin *rotary dryer* adalah menggunakan panas yang dialirkan secara langsung ke dalam tabung yang berputar dengan bahan baku yang akan dikeringkan. Sumber panas yang digunakan berasal dari api gas LPG. Proses ini berlangsung secara terus-menerus hingga bahan baku kering.

Mesin *rotary dryer* merupakan mesin yang relatif sederhana dan mudah digunakan. [5]. Namun, mesin *rotary dryer* yang digunakan saat ini masih memiliki kelemahan dalam efisiensi pengeringan seperti masih terdapat sebagian batu kapur yang belum kering sepenuhnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas pengeringan batu kapur pada mesin *rotary dryer*.

Kajian ini, penulis akan melakukan perancangan mesin *rotary dryer* dan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) pada tabung mesin *rotary dryer* untuk mendapatkan material yang paling baik dalam penyebaran panas.

## Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode pemodelan menggunakan *software SolidWorks 2022* dan simulasi menggunakan *software Ansys 2023*.

## Pemilihan Material Tabung

### a. Aluminium Alloy 6061

Aluminium alloy 6061 merupakan salah satu paduan aluminium yang paling umum digunakan dan dikenal karena kombinasi kekuatan, kemampuan fabrikasi, dan ketahanan korosinya. Aluminium alloy 6061 termasuk dalam seri aluminium 6xxx, yang merupakan paduan aluminium-magnesium-silikon. Komposisi kimia dari material ini adalah Aluminium (Al) seimbang; Magnesium (Mg) 0,8-1,2%; Silikon (Si) 0,4-0,8%; Tembaga (Cu) 0,15-0,4%; Besi (Fe) maksimal 0,15%; Mangan (Mn) maksimal 0,15%; Kromium (Cr) 0,04-0,35%; Zinc (Zn) maksimum 0,25%; Titanium (Ti) maksimum 0,15%; dan sisa elemen lainnya masing-masing maksimum 0,05% total maksimum 0,15%.

Tabel 1. Sifat mekanik Aluminium Alloy 6061

Parameter	Keterangan
<i>Density</i>	2700 kg/m <sup>3</sup>
<i>Yield Strength</i>	276 MPa
<i>Elongation at Break</i>	12-17%
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	310 MPa
<i>Modulus of Elasticity</i>	68,9 GPa
<i>Poisson's Ratio</i>	0,33

### b. Stainless Steel 316

*Stainless steel 316* merupakan salah satu jenis *stainless steel* yang populer dan sering digunakan dalam berbagai aplikasi industri dan konsumen. Komposisi kimia dari material ini adalah Karbon (C) maksimal 0,07%; Mangan (Mn) maksimal 2%; Silikon (Si) maksimal 1%; Kromium (Cr) 16-18%; Nikel (Ni) 10-14%; Molibdenum (Mo) 2-3%; Fosfor (P) maksimal 0,045%; Sulfur (S) maksimal 0,03%.

Tabel 2. Sifat mekanik Stainless Steel 316

Parameter	Keterangan
<i>Density</i>	7969 kg/m <sup>3</sup>
<i>Yield Strength</i>	250 MPa
<i>Elongation at Break</i>	55%
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	565 MPa
<i>Modulus of Elasticity</i>	193 GPa
<i>Poisson's Ratio</i>	0,25

### c. Mild Steel SS400

*Mild steel* SS400 merupakan lembaran baja yang terbuat dari baja karbon yang diproduksi dalam proses canai panas (*hot rolled*). Komposisi kimia dari material ini adalah Karbon (C) 0,1986%; Silikon (Si) 0,149%; Mangan (Mn) 0,298%; Fosfor (P) 0,0127%; dan Sulfur (S) 0,0045%.

Tabel 3. Sifat mekanik *Mild Steel* SS400

Parameter	Keterangan
<i>Density</i>	7860 kg/m <sup>3</sup>
<i>Yield Strength</i>	245 MPa
<i>Elongation at Break</i>	27-30%
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	400-510 MPa
<i>Modulus of Elasticity</i>	190-210 GPa
<i>Poisson's Ratio</i>	0,26

### Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada kajian ini adalah *total temperature* pada pengujian CFD dalam *software Ansys* 2023 untuk mengetahui penyebaran suhu di dalam tabung.

### Prosedur Penelitian

Kajian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu:

#### 1. Simplifikasi Pemodelan

Untuk mencapai hasil analisis yang akurat dan mengurangi tingkat kegagalan ketika dilakukan simulasi, *geometry* rangka mesin *rotary dryer* perlu dilakukan simplifikasi pemodelan pada simulasi. Simplifikasi pemodelan yang dilakukan adalah dengan menghilangkan *edges*, *fillet*, dan lubang yang tidak esensial terhadap pembebanan.

#### 2. Meshing

*Meshing* memiliki tujuan untuk memecah geometri menjadi elemen-elemen kecil yang digunakan untuk melakukan perhitungan pada parameter yang diterapkan. Semakin banyak elemen *mesh* yang digunakan, semakin akurat hasilnya dan semakin mendekati kondisi aslinya.

#### 3. Hasil

Hasil dari simulasi ini berupa tingkatan suhu pada tabung dengan penyebaran suhu yang ditunjukkan oleh warna merah, kuning, hijau, dan biru.

### Persamaan Matematis

#### a. Luas Penampang pada Tabung (A)

$$A = \pi \times r^2 \times + 2 \times \pi \times r \times t \quad (1)$$

Keterangan:

A = Luas penampang tabung (m<sup>2</sup>)

r = Jari-jari tabung (m)

t = Tinggi tabung (m)

#### b. Kecepatan Tabung (V)

$$V = \pi \times d \times n : 60 \times 1000 \quad (2)$$

Keterangan:

V = Kecepatan tabung (m/s)

d = Diameter tabung (m)

n = Putaran tabung yang diinginkan (rpm)

#### c. Kapasitas Tabung (Q)

$$Q = V \times A \times \rho \quad (3)$$

Keterangan:

Q = Kapasitas tabung (kg/jam)

V = Kecepatan tabung (m/s)

$\rho$  = Mass jenis bahan (kg/m<sup>3</sup>)

#### d. Torsi (T)

$$T = r \times F \times \sin \Theta \quad (4)$$

Keterangan:

T = Torsi (Nm)

r = Jari-jari tabung (m)

F = Gaya yang diberikan (N)

$\sin \Theta$  = Kemiringan sudut mesin *rotary dryer*

#### e. Daya Rencana (P<sub>d</sub>)

$$P_d = f_c \times P \quad (5)$$

Keterangan:

P<sub>d</sub> = Daya rencana (kW)

f<sub>c</sub> = Faktor koreksi daya yang ditransmisikan

1,2 – 2,0 = Daya rata-rata yang diperlukan

0,8 – 1,2 = Daya maksimum yang diperlukan

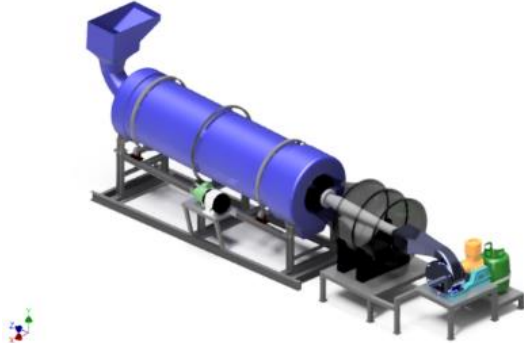
1,0 – 1,5 = Daya yang ditransmisikan

P = Daya (kW)

f. Efisiensi Pengeringan

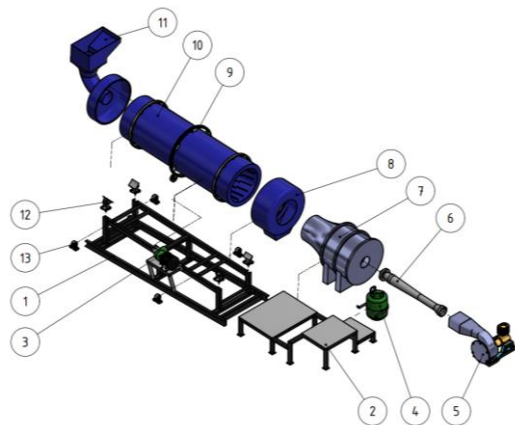
$$E = \left( \frac{\text{berat air awal} - \text{berat air akhir}}{\text{berat air awal}} \right) \times 100\%$$

**Hasil dan Pembahasan**



Gambar 1. Desain mesin rotary dryer

Desain mesin rotary dryer memiliki dimensi panjang 3100 mm, lebar 1000 mm, tinggi 620 mm dengan tabung berdiameter 750 mm dan panjang 2400 mm. Mesin rotary dryer menggunakan daya motor listrik 15 HP untuk menggerakkan tabung pada saat proses pengeringan. Kapasitas tabung sebesar 300 kg/jam dengan kecepatan 15 rpm. Desain mesin rotary dryer ini menggunakan tipe kontinu Pada tipe ini terdapat inlet dan outlet yang terpisah yang memungkinkan bahan masuk dan keluar tabung tanpa menghentikan mesin.



Gambar 2. Desain exploded view mesin rotary dryer

**Keterangan:**

- 1. Rangka tabung
- 2. Rangka burner
- 3. Motor listrik dan gearbox
- 4. Gas LPG
- 5. Blower
- 6. Burner
- 7. Cover burner
- 8. Outlet
- 9. Gear set
- 10. Tabung
- 11. Inlet
- 12. Penyangga
- 13. Wheel support

- 4. Gas LPG
- 5. Blower
- 6. Burner
- 11. Inlet
- 12. Penyangga
- 13. Wheel support

**Luas Penampang pada Tabung (A)**

Diasumsikan bentuk penampang menyerupai tabung dengan diameter 750 mm = 75 cm, maka  $r^2 = 0,375^2$  m dan tinggi tabung 2400 mm = 2,4 m. Jadi luas penampangnya adalah:

$$A = \pi \times r^2 \times + 2 \times \pi \times r \times t$$

$$= 3,14 \times 0,375^2 + 2 \times 3,14 \times 0,375 \times 2,4$$

$$= 6,09356 \text{ m}^2$$

**Kecepatan Tabung (V)**

Diameter tabung yang direncanakan 750 mm = 0,75 mm dengan menggunakan putaran yang diinginkan sebesar 15 rpm, maka:

$$V = \frac{\pi \times d \times n}{60 \times 1000}$$

$$= \frac{3,14 \times 0,75 \times 15}{60 \times 1000}$$

$$= 0,00058875 \text{ m/detik}$$

**Kapasitas Tabung (Q)**

$$Q = V \times A \times \rho$$

$$= 0,00058875 \times 6,09356 \times 2700$$

$$= 9,7 \text{ kg/menit}$$

$$= 582 \text{ kg/jam}$$

**Torsi (T)**

Diketahui:  
 Kapasitas batu kapur yang direncanakan masuk ke dalam tabung (m) = 450 kg  
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$   
 $r = 0,375 \text{ m}$   
 $\sin 3^\circ = 0,0523$

Gaya yang diberikan:

$$F = m \times g$$

$$= 450 \times 9,8$$

$$= 4410 \text{ N}$$

Torsi yang dibutuhkan:

$$T = r \times F \times \sin \Theta$$

$$= 0,375 \times 4410 \times \sin 3^\circ$$

$$= 0,375 \times 4410 \times 0,0523$$

$$= 86,49 \text{ Nm}$$

## Daya Rencana (Pa)

Diketahui:

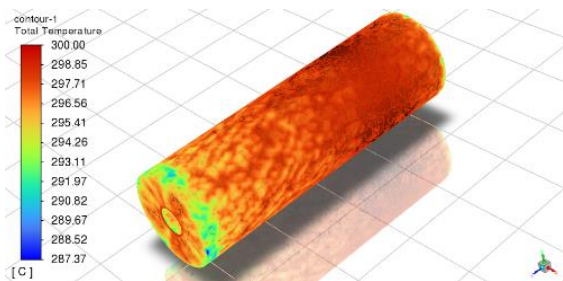
$n = 1400$  rpm sehingga daya efektif dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} N_e &= \frac{2 \times \pi \times n \times T}{60} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 1400 \times 86,49}{60} \\ &= \frac{12673,67}{1000} \\ &= \frac{12,67 \text{ kW}}{0,746} \\ &= 16,98 \text{ kW} \end{aligned}$$

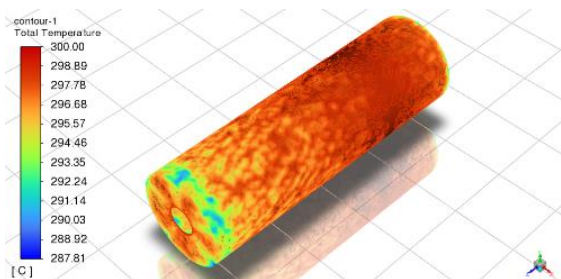
Daya efektif ( $N_e/P$ ) merupakan nilai rata-rata dari daya yang diperlukan. Dalam perancangan suatu alat atau mesin, diperlukan beberapa pertimbangan seperti kerugian yang timbul termasuk kerugian akibat gesekan. Oleh karena itu, daya efektif harus dikalikan dengan faktor koreksi.

$$\begin{aligned} P_d &= f_c \times P \\ &= 1,2 \times 12,67 \\ &= 15,2 \text{ kW} \\ &= 20,3 \text{ HP} \end{aligned}$$

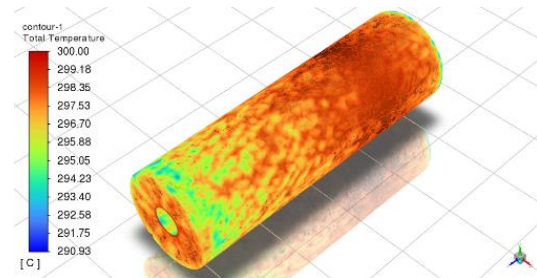
## Hasil Simulasi CFD



Gambar 3. *Total temperature* pada tabung dengan material Aluminium Alloy 6061



Gambar 4. *Total temperature* pada tabung dengan material Stainless Steel 316



Gambar 5. *Total Temperature* pada tabung dengan material Mild Steel SS400

Dari hasil pengujian CFD, tabung dengan material Aluminium Alloy 6061 dan Stainless Steel 316 hampir sama merata penyebaran panasnya dari sisi *outlet* dengan warna merah pekat hingga sisi *inlet* tabung yang mempunyai warna sedikit hijau dan biru. Namun jika dilihat dengan saksama lagi, tabung dengan material Aluminium Alloy 6061 memiliki warna biru pada sisi *inlet* yang cenderung lebih sedikit dibandingkan tabung dengan material Stainless Steel 316 yang memiliki warna biru lebih banyak. Tabung dengan material Mild Steel SS400 merupakan material yang paling tidak merata penyebaran panasnya dilihat dari warna hijau yang lebih banyak dari sisi tengah hingga sisi *inlet* tabung. Efisiensi pengeringan yang didapat dilihat dari penyebaran panas pada hasil simulasi CFD (*total temperature*) material Aluminium Alloy 6061 sebesar 74%, Stainless Steel 316 71%, dan Mild Steel SS400 57%.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi CFD pada tabung mesin *rotary dryer*, penyebaran panas paling baik juga didapatkan pada material Aluminium Alloy 6061 ditandai dengan warna merah yang lebih dominan dibandingkan dua material lainnya dengan efisiensi pengeringan dilihat dari penyebaran panasnya sebesar 74%.

## Referensi

- [1] Maharani, D. A., Fatimah, I. S., Anjani, L. A., & Kurniati, R. (2022). Faktor-faktor yang Berpengaruh Terhadap Profitabilitas Perusahaan Manufaktur

- Sektor Semen. Mendikonis: Jurnal Media Komunikasi dan Bisnis, 70-76.
- [2] Dagri, L. O. (2018). Perancangan Mesin Pengering Sagu *Rotary Dryer* dengan Metode *Quality Function Deployment* (Sebagai Bagian dari Rekayasa Proses Bisnis). Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- [3] Engineering, I. M. (1994). *Handbook of Industrial (Vol 1)*.
- [4] ESCOBEDO, J. L., RIVERA, A. O., VALDIVIA, C. H., RUIZ, M. A., & ORENDAY, O. D. (2018). *Computational Fluid Dynamics Analysis for Improving Temperature Distribution in A Chili Dryer. Thermal Science*, 2615-2623.
- [5] Iwan. (2017). Rancang Bangun Mesin *Rotary Padi*. Jember: Digital Repository Universitas Jember.
- [6] Armi, N., Syahnur, S., & Silvia, V. (2022). Tingkat Kompetensi Perusahaan Semen di Indonesia Berbasis Struktur Pasar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Ekonomi Pembangunan (JIM EKP) Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Syiah Kuala*, 221-234.
- [7] Kim, S. L., & Choi, Y. (2018). *Development of a Three-dimensional Numerical Model for a Rotary Dryer. Journal of Mechanical Science and Technology*, 32(6), 2801-2810.
- [8] Nurhilal, M., Girawan, B. A., & Aji, G. M. (2018). Rancang Bangun Mesin Pengering Pellet Ikan Tipe *Rotary Dryer* Untuk Kelompok Usaha Petani (Upet) Kabupaten Cilacap. *J-Dinamika: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 3, No. 1, 25-30.
- [9] Rindang, Panggabean, & Wulandari. (2019). *CFD Analysis of Temperature Drying Chamber at Rotary Dryer with Combined Energy. Journal of Physics: Conference Series*.
- [10] Taufiqurrahman, M., Raharjo, A., & Hakim, A. F. (2023). Analisis Mekanik dan Termal Piston Mesin Pembakaran Dalam menggunakan *Software Ansys 2023*. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika (JTMEI)*, 143-154.
- [11] Tumbel, N., Pojoh, B., & Manurung, S. (2016). Rekayasa Alat Pengering Jagung Sistem *Rotary*. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri* 8, No. 2, 107-116.
- [12] Yi, M. L., Yao, Y. Y., & Zhao, H. X. (2017). *Numerical Analysis of Solid Materials Transport in a Rotary Dryer. Advances in Engineering Research (AER)*, 403-408.
- [13] Zhang, R., & Long, J. (2017). *Study on Drying Uniformity of Static Small-Sized Drying Box for Fruits and Vegetables. Procedia Engineering* 205, 2615–22.