

## Analisis Perpindahan Panas Pada Peralatan Pengering Multi Tingkat Secara Numerik

Thaharul Fikri<sup>1\*</sup>, Ahmad Syuhada<sup>2</sup>, Razali<sup>3</sup>, & Samsul Bahri<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

\*Email: thaharulfikri@usk.ac.id

### ABSTRACT

*Drying equipment is a device commonly used to remove moisture from various materials, particularly food products, to extend their shelf life and usability. However, in multi-tier drying systems, a common issue is the non-uniform temperature distribution between levels. This problem arises due to the uneven distribution of hot gas from the fuel source, causing the temperature on racks closer to the heat source to be higher than those on upper levels. To address this issue, heat ducts and fins were added to each level. The fins serve to evenly distribute heat from the hot gas channels throughout the drying chamber. Due to the high costs associated with experimental testing, this study adopts a numerical approach. The numerical simulation is conducted using Computational Fluid Dynamics (CFD) via SOLIDWORKS 2022 to analyze fluid flow and heat transfer within the dryer. The results indicate that the nine-level dryer remains operationally efficient, with the lowest temperature difference ( $\Delta T$ ) recorded at 1.6°C when operating at 60°C.*

**Keywords:** Drying equipment, CFD, Numeric, Heat Transfer Optimal

### PENDAHULUAN

Peralatan pengering merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengeringkan suatu benda, biasanya peralatan pengering digunakan untuk mengeringkan bahan pangan, sehingga bahan pangan bisa diawetkan dan digunakan dalam jangka waktu yang lama.[1] [2]

Pengeringan merupakan suatu proses menghilangkan atau pengurangan kadar air suatu objek menggunakan energi panas. Metode pengeringan saat ini terbagi atas dua macam yaitu pengeringan alamiah (tradisional) dan pengeringan buatan (Moderen). [3][4]

Dewasa ini teknologi pengeringan banyak digunakan pada masyarakat contohnya peralatan pengering yang berbentuk seperti oven. Peralatan pengering ini menggunakan sumber panas yang bersumber dari bahan bakar, peralatan pengering ini dibuat bertingkat sehingga mampu menampung kapasitas yang banyak, selain menghemat waktu proses pengeringan, ke higienisannya pun terjamin.[5] [6]

Namun timbul masalah pada peralatan pengering bertingkat banyak ini yaitu tidak seragamnya temperatur diantar tingkat, hal ini disebabkan karena tidak meratanya distribusi gas panas dari bahan bakar, oleh sebab itu rak yang berdekatan dengan sumber panas temperaturnya akan lebih tinggi dibandingkan tingkat yang di atasnya. Untuk mengatasi masalah tersebut dibuatlah saluran panas dan sirip disetiap tingkatnya. Sirip pada peralatan pengering tersebut berfungsi untuk membagi panas secara merata dari saluran gas panas[7] [8]

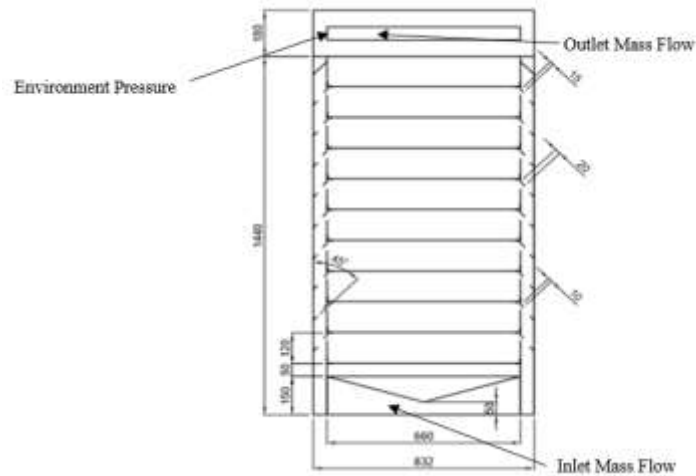
Pada penelitian sebelumnya telah dirancang panjang sirip yang optimal untuk peralatan pengering bertingkat banyak sehingga beda temperatur antar tingkatnya berkisar antara 1-2 °C. Namun timbul masalah pada penelitian eksperimental ini yaitu biaya yang dikeluarkan sangat besar sehingga pada penelitian ini peneliti akan melakukan penelitian menggunakan metode numerik. [9]

Pada Penelitian numerik digunakan CFD untuk mensimulasikan sistem perpindahan panas yang terjadi pada peralatan pengering bertingkat banyak. Computational Fluid Dynamic (CFD) adalah salah satu metode numerik berbasis simulasi untuk menganalisa aliran fluida beserta perpindahan panas dan massa pada peralatan pengering.[10][11]

Pada penelitian numerik ini akan dikaji ulang perpindahan panas yang terjadi di dalam rak pengering, dan akan menjadi perbandingan dengan metode eksperimental, serta pada penelitian numerik ini peneliti akan memperbanyak tingkatan rak pengering sehingga akan meningkatkan kapasitas objek yang akan dikeringkan dan mengetahui berapa banyak rak yang optimal dan bisa digunakan pada peralatan pengering bertingkat banyak[9]

## METODE PENELITIAN

## Domain Sistem Penelitian



Gambar 1. Domain Sistem Penelitian

Keterangan:

- *Inlet Mass flow* merupakan tempat masuknya aliran massa fluida, pada simulasi ini menggunakan nilai 0.0001kg/s dengan temperatur bervariasi
- *Outlet Mass flow* merupakan tempat keluarnya aliran massa fluida
- *Environment Pressure*, merupakan tekanan lingkungan sekitar, pada simulasi ini menggunakan tekanan 1 atm

Adapun dimensi dari ruang pengering hasil perancangan adalah sebagai berikut:

Alat pengering tipe rak	
Panjang luar	: 832 mm
Panjang dalam	: 660 mm
Lebar	: 820 mm
Tinggi	: 1.440 mm
Material	: Plat seng tebal 3 mm
Rak pengeringan (tray)	
Panjang	: 802 mm
Lebar	: 596 mm
Tebal	: 40 mm
Ukuran jaring	: 14,5 x 14,5 mm
Jumlah rak	: 9 buah
Material rangka	: Besi <i>Hollow</i> 20x30x8,5mm
Kapasitas tray	: 10 kg

## Alur Simulasi

Penelitian ini menggunakan *Software CFD (Computational Fluid Dynamics)* yaitu SOLIDWORKS 2022 dengan menggunakan *Flow Simulation* untuk menghitung perpindahan panas yang terjadi. Perangkat lunak CFD ini terdiri atas tiga tahapan yaitu: *Pre-processor*, *Processor*, dan *Post Processor*

1. *Pre-processor*

Beberapa tahapan CFD pada peralatan pengering yaitu sebagai berikut:

- Pemodelan Benda Uji  
Tahap Pertama yaitu memodelkan peralatan pengering bertingkat banyak ke dalam software Solidwork
- *Set Up Parameter*  
Tahap kedua adalah *set up* parameter. Setelah memodelkan peralatan pengering langkah selanjutnya memasukkan data untuk proses simulasi tersebut untuk mendapatkan nilai yang diinginkan. Pada set up parameter ada beberapa hal yang akan diinput yaitu sebagai berikut:
  - *Analysis Type*

Pada *Navigator Analysis Type* menceklis pada tanda *Fluid Flow*, *Conduction*, dan *Gravity* yaitu untuk menghitung perpindahan panas pada aliran dan bentuk aliran fluida, perpindahan panas konduksi pada peralatan pengering dan pengaruh gaya gravitasi bumi

- *Fluids*

Pada *Navigator Fluids*, yaitu menentukan jenis fluida yang akan digunakan untuk menghitung perpindahan panas yang terjadi pada peralatan pengering pada penelitian ini menggunakan gas Karbon Dioksida dikarenakan gas tersebut merupakan gas hasil pembakaran.

- *Solids*

Pada *Navigator Solids*, yaitu menentukan jenis material yang akan digunakan, pada peralatan pengering disini menggunakan material Aluminium 6061.

- *Wall Conditions*

Pada *Navigator Wall Conditions*, yaitu menentukan kondisi dinding batas peneliti memakai dinding adiabatik, karena proses perubahan sistem tanpa ada kalor yang masuk atau keluar dari sistem.

- *Initial Conditions*

Pada *Navigator Initial Conditions*, yaitu menentukan tekanan beserta temperatur yang akan diuji coba pada peralatan penelitian, pada penelitian kali ini peneliti menggunakan tekanan 1 atm dan temperatur yang digunakan dari 60°C

- *Input Data*

Tahap ke tiga yaitu tahapan *input data*. Adapun beberapa data yang akan diinput pada proses ini adalah sebagai berikut:

- *Computational Domain*

Pada proses ini peneliti akan menentukan batas batas lingkungan disekitar yang akan dijadikan proses perhitungan pada analisis.

- *Fluid Subdomains*

Pada proses ini peneliti akan menginput ulang fluida yang akan dipakai untuk analisis

- *Solid Material*

Pada proses ini peneliti akan menginput ulang material apa yang akan dipakai pada analisis ini

- *Boundary Conditions*

Pada proses ini peneliti akan menginput aliran udara panas yang masuk yaitu pada ruang pembakaran alat pengering dan aliran udara keluar yaitu pada saluran akhir gas buang.

- *Goals*

Pada proses ini peneliti akan memilih dan mengukur perhitungan apa yang akan diinginkan dari proses analisis.

- *Mesh*

Pada proses *Mesh* adalah melakukan pembagian obyek menjadi bagian yang lebih kecil atau *meshing*. Semakin kecil *meshing* yang akan dilakukan maka hasil perhitungan akan semakin akurat. Pada penelitian ini peneliti menggunakan *meshing* dengan level 4 dari total 8 level [12].

2. *Processor*

- *Running*

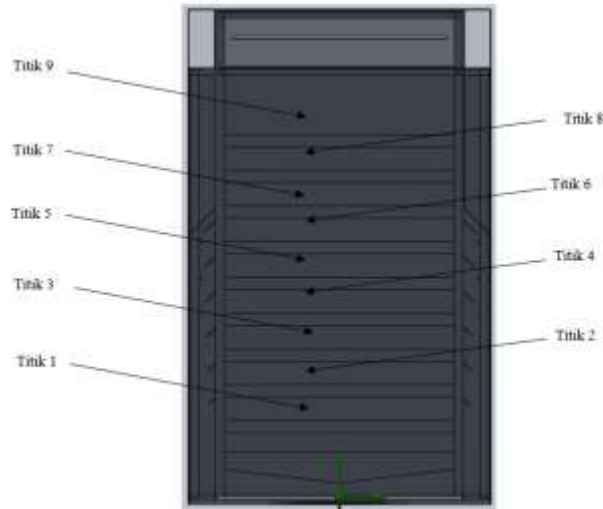
Pada proses ini komputer melakukan semua proses perhitungan sesuai dengan data data yang diinput dari berbagai tahap di atas.

3. *Post-Processor*

Setelah melakukan proses *running* pada aplikasi Solidworks, akan mendapatkan hasil, hasil tersebut dapat kita lihat pada *tab result* dan dapat ditampilkan sesuai dengan perintah.

### Titik Pengambilan Data

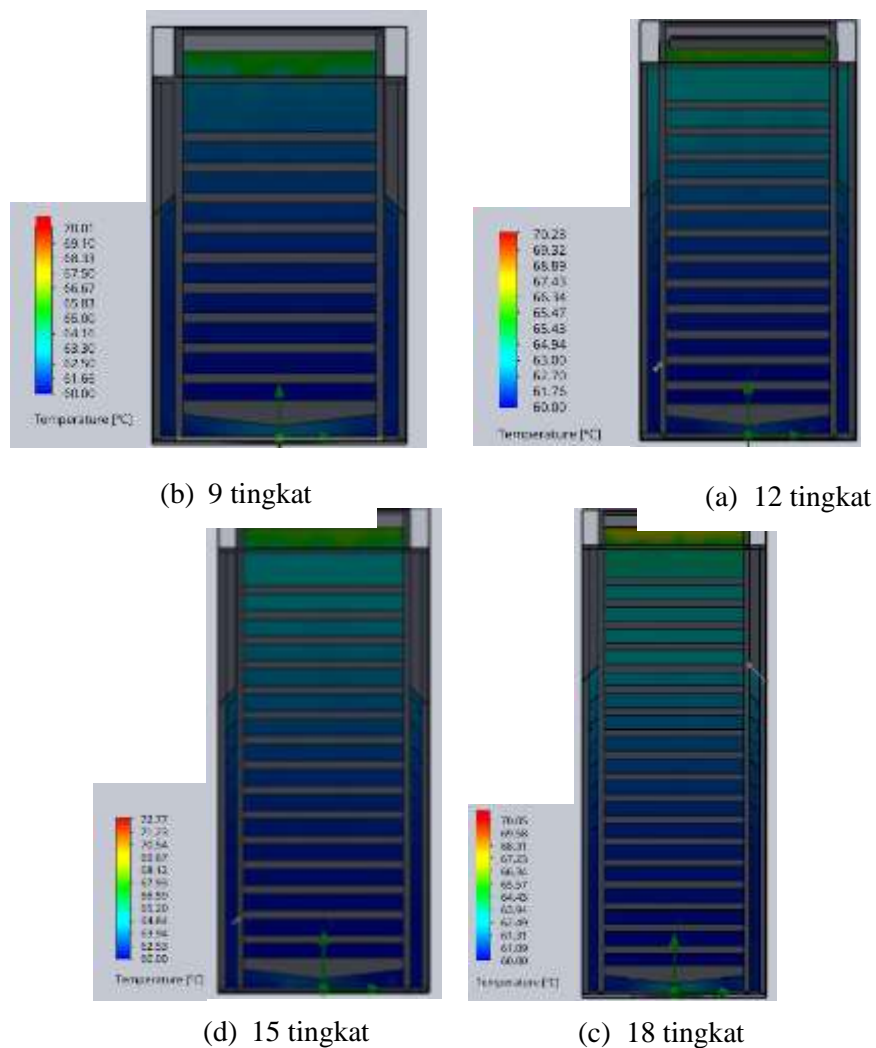
Titik Pengambilan data diambil pada setiap tingkatan rak pengering seperti yang telah dideskripsikan pada Gambar 2



Gambar 2 Titik Pengambilan data

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Visualisasi Perpindahan Panas Peralatan Pengering



Gambar 3. Distribusi Temperatur pada peralatan pengering dengan input suhu 60°C

## Pembahasan

Tabel 1. Distribusi Temperatur Peralatan Pengering

TINGKATAN KE	TEMPERATUR °C			
	9 TINGKAT	12 TINGKAT	15 TINGKAT	18 TINGKAT
1	60	60	60	60.35
2	60.14	60.22	60.33	60.72
3	60.34	60.33	60.64	61.08
4	60.57	60.62	61.03	61.5
5	60.69	60.93	61.4	61.82
6	61.02	61.12	61.67	62.14
7	61.25	61.27	62	62.5
8	61.42	61.56	62.34	62.85
9	61.6	61.6	62.71	63.21
10	-	62.1	63.01	63.57
11	-	62.43	63.34	63.92
12	-	62.85	63.83	64.28
13	-	-	64.01	64.64
14	-	-	64.35	65.01
15	-	-	65.02	65.35
16	-	-	-	65.88
17	-	-	-	66.12
18	-	-	-	66.43
<b>T<sub>Maks</sub></b>	<b>61.6</b>	<b>62.85</b>	<b>65.02</b>	<b>66.43</b>
<b>T<sub>Min</sub></b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>60.35</b>
<b>ΔT</b>	<b>1.6</b>	<b>2.85</b>	<b>5.02</b>	<b>6.08</b>

Dari hasil penelitian menunjukkan distribusi temperatur pada masing masing peralatan pengering yaitu pada temperatur 60°C. Pada peralatan pengering 9 tingkat temperatur tertinggi pada tingkat ke 9 yaitu 61,6°C. Pada peralatan pengering 12 tingkat temperatur tertinggi pada tingkat ke 12 yaitu 62,85°C. Pada peralatan pengering 15 tingkat temperatur tertinggi pada tingkat ke 15 yaitu 65,02°C. Pada peralatan pengering 18 tingkat temperatur tertinggi pada tingkat ke 15 yaitu 66,43°C, maka ΔT terendah terdapat pada peralatan pengering bertingkat 9 dan yang kedua pada pengering bertingkat 12, sehingga peralatan pengering bertingkat 9 dan 12 masih dikatakan optimal karena memiliki ΔT yang rendah

## KESIMPULAN

Dari hasil simulasi diatas dapat disimpulkan: peralatan pengering 9 tingkat dan 12 tingkat masih optimal digunakan untuk mengeringkan bahan makanan karena memiliki ΔT terbesar dengan nilai 1,6°C dan 2,85°C sehingga dikatakan temperatur pada setiap rak pengeringnya seragam. Sedangkan pengeringan bertingkat 15 dan 18 memiliki nilai ΔT>3°C namun masih bisa digunakan untuk mengeringkan, dan membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan peralatan pengering bertingkat 9 dan 12.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Darmanto and E. Julianto Sasono, "APLIKASI GAS BUANG UNTUK PENGERINGAN PRODUK PERTANIAN," 2018.
- [2] I. Ifmalinda, K. Guci, and D. Cherie, "Pengaruh Suhu Pengeringan Pada Alat Pengering Tipe Rak Terhadap Mutu Tepung Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume)," *Rona Teknik Pertanian*, vol. 17, no. 1, pp. 55–64, Apr. 2024, doi: 10.17969/rtp.v17i1.30336.
- [3] A. Syuhada and Z. Fuadi, "Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida untuk Menggerakkan Pompa Air di Area Pertanian," *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah*, vol. 4, no. 1, 2016.
- [4] A. Syuhada and R. Sary, "Potential Analysis of Wind Energy as a Hybrid Power Plant in Aceh Besar," 2019.

- [5] A. Mata Taga and B. V Tarigan, "Analisis Perpindahan Panas pada Alat Pengering Daun Kelor Sistem Rotary Heat Transfer Analysis in Rotary Moringa Leaves Dryer." [Online]. Available: <http://prosiding.unimus.ac.id>
- [6] E. K. Novita Sari, D. Hermanuadi, and A. Brilliantina, "Analisis Pindah Panas pada Pengeringan Kulit Biji Kopi (Cascara) dengan Menggunakan Mesin Pengering Tipe Flash Dryer\_Cum UV," *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, vol. 17, no. 1, pp. 9–15, Mar. 2022, doi: 10.26623/jtphp.v17i1.4622.
- [7] R. Sary, A. Syuhada, D. Afandi, and A. H. Siregar, "The Utilization of Solar Heat with Variations of Roofing Materials in Drying Equipment," 2023, pp. 133–142. doi: 10.1007/978-981-19-3629-6\_14.
- [8] J. Jamal, S. Suwasti, and S. Abadi, "Performance analysis of rack type solar dryers with mass variations of dried material and types of fins," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 619, no. 1, p. 012029, Oct. 2019, doi: 10.1088/1757-899X/619/1/012029.
- [9] T. Fikri, A. Syuhada, and R. Thaib, "Study of Thermal Uniformity and Heat Displacement Characteristics in Multi-stage Drying Equipment," 2023, pp. 237–247. doi: 10.1007/978-981-19-3629-6\_25.
- [10] M. T. S. Utomo, E. Yohana, and M. A. Khoiriyah, "Analisis Distribusi Temperatur dan Aliran Fluida pada Proses Pengeringan Butiran Teh Bentuk Silinder Di Dalam Fluidized Bed Dryer Menggunakan Computational Fluid Dynamic (CFD)," *ROTASI*, vol. 20, no. 4, p. 237, Jan. 2019, doi: 10.14710/rotasi.20.4.237-243.
- [11] D. Wang, L. Tan, Y. Yuan, and Y. Lu, "CFD simulation and optimization on airflow uniformity of material drying room used in steam blanching and hot-air vacuum drying equipment," *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 37, no. 10, pp. 5463–5474, Oct. 2023, doi: 10.1007/s12206-023-0945-0.
- [12] I. K. G. Arta, "Analisis numerik sistem pengeringan daging dengan menggunakan alat pengering energi surya," *Jurnal Logic*, vol. 14, no. 2, pp. 112–116, 2019.