



Desain dan Analisis Distribusi Suhu pada Mesin Pengering Cabai Berbahan Bakar LPG

Fahmi Nurdin Yufiansyah^{1*}, Ach. Muhib Zainuri²

¹⁻²Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

*Penulis korespondensi: fahminurdinyufiansyah@gmail.com¹

Abstract. *This study aims to analyze the temperature distribution in an LPG-fueled chili drying machine using Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation. The simulation was performed using SolidWorks Flow Simulation 2022 to investigate the effect of inlet air temperature and velocity on temperature uniformity inside the drying chamber. Three inlet temperature variations were applied: 60°C, 70°C, and 80°C, combined with two air velocities of 10 m/s and 11 m/s. The results showed that these parameters significantly influence temperature distribution. The optimum condition was achieved at 70°C and 10 m/s with a temperature uniformity efficiency (η_T) of 67.45%, indicating well-distributed heat inside the chamber. At higher temperatures (80°C), the efficiency decreased to 33.43% due to thermal stratification and heat accumulation. This study concludes that increasing inlet temperature does not always lead to better thermal uniformity since it depends on the balance between thermal and kinetic energy of the airflow.*

Keywords: *CFD; Chili Dryer; LPG; Temperature Distribution; Thermal Efficiency*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi suhu pada mesin pengering cabai berbahan bakar LPG menggunakan simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD). Simulasi dilakukan dengan perangkat lunak SolidWorks Flow Simulation 2022, untuk mengetahui pengaruh variasi suhu udara masuk (inlet temperature) dan kecepatan udara (inlet velocity) terhadap keseragaman suhu di ruang pengering. Tiga variasi suhu inlet digunakan, yaitu 60°C, 70°C, dan 80°C, dengan dua kecepatan udara 10 m/s dan 11 m/s. Hasil simulasi menunjukkan bahwa variasi parameter tersebut memberikan pengaruh signifikan terhadap distribusi suhu. Kondisi terbaik diperoleh pada suhu 70°C dan kecepatan udara 10 m/s, dengan efisiensi keseragaman suhu (η_T) sebesar 67,45%, menunjukkan pemerataan suhu yang baik di seluruh ruang pengering. Pada suhu tinggi (80°C), terjadi penurunan efisiensi keseragaman hingga 33,43% akibat fenomena thermal stratification dan heat accumulation. Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu inlet tidak selalu menghasilkan pemerataan suhu yang lebih baik, karena dipengaruhi oleh keseimbangan antara energi termal dan energi kinetik aliran udara.

Kata Kunci: CFD; Distribusi Suhu; Efisiensi Termal; LPG; Mesin Pengering Cabai

1. LATAR BELAKANG

Cabai merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki tingkat konsumsi tinggi di Indonesia. Namun, cabai termasuk bahan pertanian yang mudah rusak akibat kandungan airnya yang tinggi, mencapai 70–80%. Pengeringan menjadi salah satu metode yang efektif untuk memperpanjang umur simpan dan mempertahankan kualitas cabai. Salah satu teknologi yang umum digunakan adalah mesin pengering berbasis sumber panas LPG dengan sirkulasi udara panas. Permasalahan yang sering terjadi pada mesin pengering konvensional adalah distribusi suhu yang tidak merata di ruang pengering. Kondisi ini menyebabkan proses pengeringan tidak seragam dan menurunkan mutu produk akhir. Distribusi suhu dipengaruhi oleh mekanisme perpindahan panas konduksi, konveksi, dan radiasi yang terjadi secara simultan. Untuk memperoleh distribusi suhu yang seragam, perlu dilakukan analisis terhadap parameter operasi, seperti suhu inlet dan kecepatan udara. Penelitian ini menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk

mensimulasikan perilaku aliran udara panas di dalam ruang pengering. CFD merupakan pendekatan numerik yang mampu memprediksi pola aliran fluida dan distribusi suhu berdasarkan persamaan kontinuitas, momentum, dan energi. Dengan pendekatan ini, dapat diketahui kondisi optimum mesin pengering dalam mencapai distribusi suhu yang paling merata.

2. KAJIAN TEORITIS

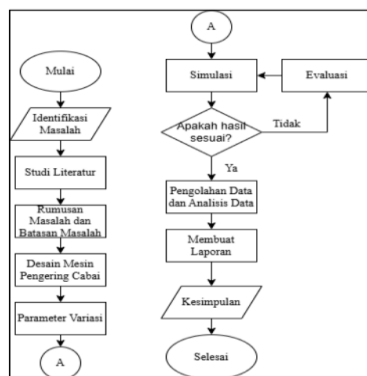
Mesin pengering cabai berfungsi untuk menurunkan kadar air cabai hingga mencapai kondisi aman simpan melalui pemanfaatan energi panas. Pengeringan mekanis memberikan keunggulan berupa waktu pengeringan yang lebih singkat, suhu yang terkontrol, serta hasil pengeringan yang lebih seragam dibandingkan pengeringan alami.

Penggunaan LPG sebagai sumber panas pada mesin pengering didasarkan pada nilai kalor yang tinggi, pembakaran yang stabil, serta kemudahan pengaturan suhu. Panas dari pembakaran LPG dialirkan ke ruang pengering melalui media udara panas, yang kemudian disirkulasikan menggunakan blower untuk meningkatkan pemerataan suhu.

Desain mesin pengering sangat berpengaruh terhadap distribusi suhu di dalam ruang pengering. Penempatan burner, arah aliran udara, jarak antar rak, serta material dinding menentukan keseragaman suhu dan efisiensi pengeringan. Distribusi suhu yang merata diperlukan agar proses pengeringan cabai berlangsung optimal dan kualitas produk tetap terjaga.

3. METODE PENELITIAN

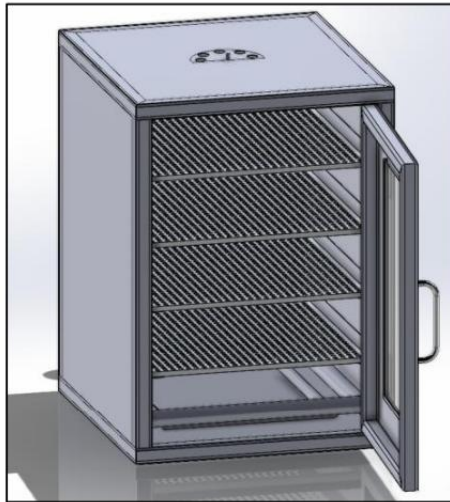
Penelitian dilakukan dengan simulasi numerik menggunakan perangkat lunak *SolidWorks Flow Simulation 2022*. Objek penelitian berupa model ruang pengering cabai berbahan bakar LPG yang dilengkapi blower sebagai sumber aliran udara panas. Berikut adalah alur penelitian



Gambar 1. Diagram Alir.

Parameter dan Variabel Penelitian

Parameter yang divariasikan adalah suhu udara masuk (inlet temperature) dan kecepatan udara (*inlet velocity*). Tiga variasi suhu inlet digunakan, yaitu 60°C, 70°C, dan 80°C, dengan dua variasi kecepatan udara 10 m/s dan 11 m/s. Variabel keluaran yang diamati adalah suhu rata-rata (T^-), suhu maksimum (T_{max}), suhu minimum (T_{min}), selisih suhu (ΔT), dan efisiensi keseragaman suhu (ηT).



Gambar 2. Desain Mesin Pengering Cabai.

Rumus Perhitungan Efisiensi keseragaman suhu dihitung dengan rumus:

$$\eta T = (1 - \Delta T / T_{max}) \times 100\%$$

di mana: $\Delta T = T_{max} - T_{min}$

Semakin besar nilai ηT , semakin seragam distribusi suhu di dalam ruang pengering. Tahapan Simulasi Tahapan simulasi dilakukan sebagai berikut:

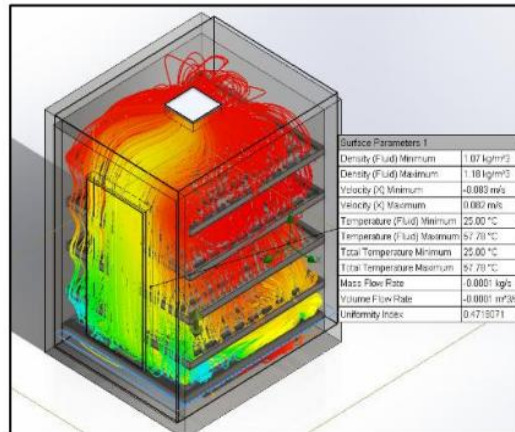
- Membuat model geometri ruang pengering menggunakan SolidWorks.
- Menentukan batas kondisi (boundary conditions) berupa suhu dan kecepatan udara masuk.
- Menjalankan simulasi hingga mencapai konvergensi (residual $< 10^{-4}$).
- Mengekspor hasil simulasi berupa temperature contour, velocity vector, dan data numerik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) dilakukan untuk mempelajari pola distribusi suhu dan perilaku aliran udara panas di dalam ruang pengering cabai berbahan bakar LPG. Hasil analisis menunjukkan bahwa variasi suhu *inlet* (*inlet temperature*) dan kecepatan udara (*inlet velocity*) memberikan pengaruh nyata terhadap pola distribusi suhu, gradien suhu lokal, dan efisiensi pemerataan suhu di dalam ruang pengering.

Hasil Simulasi dan Analisis Numerik

Data hasil simulasi berupa nilai suhu maksimum (T_{max}), suhu minimum (T_{min}), perbedaan suhu (ΔT), dan efisiensi keseragaman suhu (η_T) disajikan pada gambar 3 dan tabel 1:



Gambar 3. Simulasi Distribusi Suhu.

Suhu Inlet (°C)	Udara (m/s)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	ΔT (°C)	η _T (%)
60	10	25	57.85	32.85	43.25
	11	32.29	53.95	21.66	59.84
70	10	35.61	52.81	17.20	67.45
	11	34.19	62.35	28.16	54.87
80	10	25	74.77	49.77	33.43
	11	27.03	72.23	45.20	37.40

Gambar 4. Simulasi Distribusi Suhu.

Analisis Hasil

Hasil menunjukkan bahwa suhu 70°C dengan kecepatan udara 10 m/s memberikan efisiensi keseragaman suhu tertinggi sebesar 67.45%, menunjukkan pemerataan suhu yang paling baik. Pada suhu 60°C, distribusi panas belum merata karena kecepatan udara masih rendah, sedangkan pada suhu 80°C, pemerataan menurun akibat thermal stratification. Peningkatan kecepatan udara dari 10 m/s menjadi 11 m/s memperbaiki distribusi suhu pada suhu rendah, tetapi menimbulkan turbulensi pada suhu tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan udara optimum berbeda pada setiap tingkat suhu inlet.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi suhu dan kecepatan udara berpengaruh signifikan terhadap distribusi suhu pada mesin pengering cabai berbahan bakar LPG. Kondisi optimum diperoleh pada suhu inlet 70°C dan kecepatan udara 10 m/s, dengan efisiensi keseragaman suhu tertinggi sebesar 67,45%. Peningkatan suhu inlet tidak selalu menghasilkan pemerataan suhu yang lebih baik, karena pada suhu tinggi terjadi thermal stratification akibat dominasi gaya apung. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam penerapan analisis numerik berbasis CFD untuk optimasi sistem pengering berbahan bakar LPG guna meningkatkan efisiensi termal dan keseragaman proses pengeringan.

DAFTAR REFERENSI

- Harun, H., & Rachmat, A. (2021). Rancang bangun alat pengering cabai menggunakan sumber panas LPG. *Jurnal Teknik Mesin dan Industri*, 4(1), 571–573.
- Henderson, S. M., & Perry, R. L. (2019). *Agricultural process engineering* (4th ed.). Springer.
- Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (2007). *Fundamentals of heat and mass transfer* (6th ed.). Wiley.
- Kaya, A., Aydin, O., & Demirtas, C. (2016). Drying kinetics of red chili pepper using hot air drying. *Heat and Mass Transfer*, 52(8), 1821–1830.
- Khathir, R., Rahmadi, F., & Syarif, A. (2022). Simulasi distribusi suhu pada pengering tipe kabinet menggunakan computational fluid dynamics. *Jurnal Mekanika Terapan*, 7(2), 45–53.
- Liu, A., Li, C., Huang, Y., Zhang, Z., & Li, L. (2023). Isothermal drying kinetics of tobacco based on moisture content prediction. *BioResources*, 18(2), 2611–2623.
- Mujumdar, A. S. (2014). *Handbook of industrial drying* (4th ed.). CRC Press.
- Nugroho, A., Prasetyo, E., & Santoso, B. (2022). Analisis distribusi aliran udara pada mesin pengering tipe kabinet berbasis CFD. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(2), 89–97.
- Putra, R. D., & Haryanto, A. (2021). Studi eksperimental pengaruh suhu terhadap laju pengeringan cabai merah. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 9(1), 41–48.
- Rahmad, M., & Gotama, R. (2023). Design and simulation of LPG-powered cabinet dryer using CFD analysis. *Applied Thermal Engineering*, 14(3), 287–296.
- Ramadhan, R., Firmansyah, H., & Hidayat, L. (2021). Analisis kinerja pengering dengan pemanas LPG menggunakan simulasi CFD. *Jurnal Energi dan Rekayasa*, 5(1), 33–41.
- Siringoringo, J., & Yulianto, H. (2023). Modelling of hot air flow on chili dryer using CFD simulation. *Journal of Mechanical Engineering Research and Applications*, 13(1), 15–23.
- Susilo, S. H. (2020). *Perpindahan panas*. Polinema Press.
- Versteeg, H. K., & Malalasekera, W. (2007). *An introduction to computational fluid dynamics: The finite volume method* (2nd ed.). Pearson Education.

- Wijaya, M. A., & Pranoto, Y. (2020). Karakteristik pengeringan produk pertanian menggunakan pemanas berbahan bakar LPG. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 21(3), 155–162.
- Yamin, M., & Utama, H. F. (2022). Performance analysis of LPG-based hybrid solar dryer for agricultural products. *International Journal of Renewable Energy Research*, 11(4), 2083–2091.