

ANALISIS KARAKTERISTIK PENGERING SAMPAH ORGANIK TIPE TRAY DRYER DENGAN PENDEKATAN CFD

Renaldi L. Kereh, Abrar Riza, Harto Tanujaya

Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia.

Email: renaldi.515170032@stu.untar.ac.id, abrarr@ft.untar.ac.id,

hartotan@ft.untar.ac.id

Abstrak

Jumlah penduduk yang tinggi menyebabkan konsumsi pangan yang tinggi sehingga produksi sampah organik juga meningkat. Pengolahan sampah adalah proses transformasi sampah baik secara fisik, kimia maupun biologis. Teknik-teknik pengolahan sampah dapat berupa pengomposan, insenerasi, daur ulang, serta biogasifikasi. kadar air yang tinggi pada sampah organik menyebabkan penurunan efisiensi pembakaran oleh karena itu dibutuhkan perlakuan awal berupa pengeringan. *Tray dryer* adalah salah satu alat pengering tipe *batch* yang paling banyak digunakan karena desainnya yang sederhana serta biaya konstruksi yang rendah. Ketidakseragaman kadar air akhir pada produk yang dikeringkan menjadi permasalahan utama dari alat pengering tipe *tray dryer*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pola distribusi udara dan suhu serta menganalisis karakteristik *tray dryer* dengan menggunakan *Software Computational Fluid Dynamics* yaitu ANSYS FLUENT. Simulasi dilakukan dengan variasi kecepatan udara pada saluran masuk 1 m/s, 1.5 m/s dan 2 m/s dengan suhu udara 100°C. Hasil simulasi distribusi udara dan suhu pada ruang pengering direpresentasikan berupa kontur velositas udara, suhu dan tekanan statis. Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa distribusi suhu secara merata terjadi pada kecepatan udara *inlet* sebesar 2 m/s.

Kata Kunci: suhu, *tray dryer*, simulasi CFD, velositas udara.

Abstract

High population causes high food consumption so that the production of organic waste also increases. Waste processing is the process of transforming waste physically, chemically and biologically. Waste processing techniques can be in the form of composting, incineration, recycling, and biogasification. High water content in organic waste causes a decrease in combustion efficiency, therefore pretreatment is needed in the form of drying. The Tray dryer is one of the most widely used batch-type dryers due to its simple design and low construction cost. The non-uniformity of the final moisture content in the dried product is the main problem of the tray dryer. This study was conducted to determine the effect of the air distribution pattern and temperature and to analyze the characteristics of the tray dryer using Computational Fluid Dynamics software, namely ANSYS FLUENT. Simulations were carried out with variations in air velocity at the inlet of 1 m/s, 1.5 m/s and 2 m/s with an air temperature of 100°C. The results of the

simulation of the distribution of air and temperature in the drying chamber are represented in the form of contours of air velocity, temperature and static pressure and show that the temperature distribution evenly occurs at the inlet air velocity of 2 m/s.

Keywords: *tray dryer, temperature, CFD Simulation, air velocity.*

Pendahuluan

Indonesia sebagai negara agraris memiliki lahan pertanian yang luas dengan sumber daya alam beraneka ragam dan berlimpah dan sebagian besar penduduknya bekerja pada bidang pertanian. Produk dalam bentuk pangan berupa tumbuhan adalah hasil dari kegiatan agrikultur untuk memenuhi kebutuhan utama masyarakat. Jumlah penduduk yang tinggi menyebabkan konsumsi pangan yang tinggi sehingga produksi sampah organik juga meningkat. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) (2020) bahwa produksi sampah nasional telah mencapai 185.000 ton per hari atau setara dengan total produksi sampah nasional 67,8 ton per tahun dimana komposisi sampah didominasi oleh sampah organik, yakni mencapai 60% dari total sampah.

Pengolahan sampah dapat didefinisikan sebagai proses transformasi sampah baik secara fisik, kimia maupun biologi. Teknik-teknik pengolahan sampah dapat berupa pengomposan, insenerasi, daur ulang serta biogasifikasi (Badan Standarisasi Nasional, 2002). Berbagai metode dikembangkan dalam mengelolah sampah organik. sisa hasil pertanian salah satunya dengan memanfaatkan sampah organik sebagai *biofuels* yang dapat digunakan pada proses insenerasi, pirolisis serta gasifikasi (Tursi, 2019). Namun kadar air yang tinggi pada sampah organik menyebabkan penurunan efisiensi pembakaran karena sebagian energi panas digunakan untuk menguapkan air sehingga suhu di ruang bakar menurun oleh karena itu dibutuhkan perlakuan awal berupa pengeringan (Naryono & Soemarno, 2013). Pengeringan umumnya menggambarkan proses penghilangan zat volatil (kadar air) secara termal dimana terjadi perpindahan panas dan massa secara simultan untuk menghasilkan produk padat (Anwar & Panggabean, 2018; Mujumdar, 2014). Optimalisasi kualitas sampah dengan pengeringan dapat menawarkan banyak manfaat, penyimpanan yang lebih mudah, transportasi yang lebih mudah dan pengurangan biaya pembuangan, peningkatan nilai kalor bahan bakar limbah untuk peningkatan efisiensi termal (Tun & Juchelková, 2019).

Tray Dryer adalah salah satu alat pengering tipe *batch* yang paling banyak digunakan karena desainnya yang sederhana serta biaya konstruksi yang rendah. Konfigurasi *tray dryer* terdiri dari susunan beberapa nampan dengan sistem pengeringan konveksi dimana udara panas dialirkan pada susunan nampan dalam suatu ruang yang di isolasi untuk mengeringkan produk. Ketidakteraturan kadar air akhir pada produk yang dikeringkan menjadi permasalahan utama dari alat pengering tipe *tray dryer* dimana produk yang terletak pada nampan yang dekat dengan *inlet* udara panas lebih

kering dibandingkan dengan produk pada nampan lainnya (Misha, Mat, Ruslan, Sopian, & Salleh, 2013).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pola distribusi udara dengan variasi kecepatan udara pada saluran masuk (*inlet*) 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s dengan suhu udara 100°C serta menganalisis karakteristik *tray dryer* dengan menggunakan *Software Autodesk Fusion* dan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yaitu ANSYS FLUENT. Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu penelitian ini dilakukan menggunakan data sekunder untuk mengetahui pengaruh dengan variabel performa *Tray dryer* yaitu kecepatan udara dan suhu udara pada saluran masuk (*inlet*) dalam keadaan kosong.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode simulasi menggunakan *software* ANSYS FLUENT (*student version*). Simulasi meliputi serangkaian tahap yang diawali dengan pengumpulan data sekunder berupa desain alat pengering tipe *tray dryer*, kecepatan udara dan suhu kemudian dilanjutkan pada proses simulasi untuk mengetahui pengaruh pola distribusi udara pada suhu ruang pengering kemudian diakhiri dengan penyajian hasil simulasi berupa plot kontur aliran udara, suhu dan tekanan pada ruang pengering *tray dryer*.

Persamaan yang digunakan dalam CFD:

Persamaan yang digunakan dalam proses simulasi menggunakan *software* ANSYS FLUENT untuk menentukan sifat karakteristik dari domain fluida dan perhitungan secara numerikal adalah persamaan kontinuitas, energi, konservasi momentum dan model turbulen k-ε (Escudier, 2018; Pozrikidis, 2016; Tabatabaian, 2015).

- Persamaan Kontinuitas:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0$$

- Persamaan Momentum (*steady state*):

Momentum arah x:

$$\rho \left[u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right] = \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right]$$

Momentum arah y:

$$\rho \left[u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right] = \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left[\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right]$$

Momentum arah z:

$$\rho \left[u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right] = \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right]$$

- Persamaan Energi:

$$\rho \left[u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} \right] = \rho \left[u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right] + K \left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right]$$

- Persamaan Turbulen k-ε:

$$\rho \left(\frac{\partial k}{\partial t} + \bar{u}_j \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(\mu + \frac{\mu_T}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + \bar{P}_k - \rho \varepsilon$$

$$\rho \left(\frac{\partial \epsilon}{\partial t} + \bar{u}_j \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(\mu + \frac{\mu_T}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right) + C_{\epsilon 1} \frac{\epsilon}{k} \bar{P}_k - C_{\epsilon 2} \rho \frac{\epsilon^2}{k}$$

Simulasi CFD pengering Tipe *Tray Dryer*

Proses simulasi diawali dengan *preprocessing* yaitu membuat model geometri dari *tray dryer*. Pembuatan geometri dilakukan dengan menggunakan software Fusion 360. Kemudian dilanjutkan pada proses *meshing* yang termasuk dalam *Preprocessing* dan dilanjutkan pada tahap *Solver* dan *Postprocessing*.

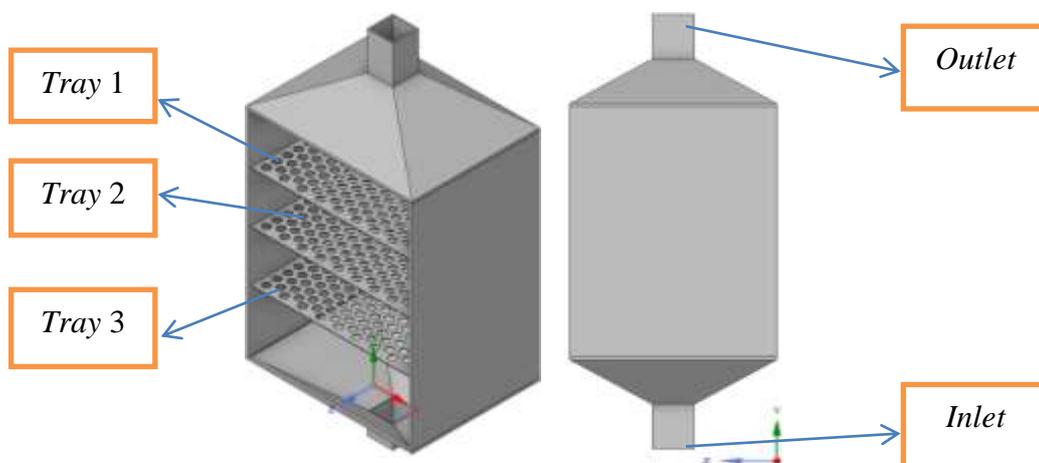
Preprocessing

1. Pembuatan Model Geometri *Tray dryer*.

Tahap *preprocessing* diawali dengan pembuatan geometri *tray dryer* kemudian ditentukan saluran masuk (*inlet*) dan saluran keluar (*outlet*) dan dinding pada *fluid region* (zona fluida) pada software ANSYS Space Claim. Geometri *tray dryer* dibuat berdasarkan dimensi yang didapatkan dari jurnal “Equipment Sizing and Method for the Application of Exhaust Gas Waste Heat to Food Crops Drying Using a Hot Air *Tray dryer*” (Ononogbo, 2020) dan dilanjutkan pada proses *meshing*..

Tabel 1
Dimensi *Tray dryer*

Spesifikasi	Ukuran (m)
Panjang	0.650
Lebar	0.5
Tinggi	840
Jarak antar nampan	0.2
Nampan (<i>tray</i>)	0.5 x 0.65
Tebal nampan	0.003
Diameter lubang pada nampan	0,03
<i>Pitch</i> lubang pada nampan	0,04



Gambar 1
Model Geometri *tray dryer*

Solver

Pada tahap *solver* dilakukan pemilihan model simulasi pada bagian *setup* yaitu *material*, *boundary condition* untuk aliran udara dan suhu yang kemudian dilanjutkan dengan proses perhitungan pada tahap *solution*. Model yang digunakan pada simulasi dapat dilihat pada **Tabel 2**.

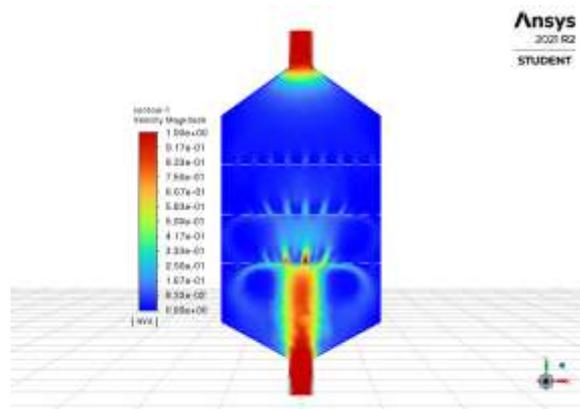
Tabel 2
Konfigurasi Setup

<i>Setup</i>	Keterangan	
<i>General-Solver</i>	<i>Type: Pressure Based</i>	
	<i>Velocity: Absolute</i>	
	<i>Time: Steady</i>	
	<i>Gravity: ON</i> X(m/s ²): 0 Y(m/s ²): -9,81 Z(m/s ²): 0	
<i>Models</i>	<i>Energy</i>	<i>ON</i>
	<i>Turbulence Model</i>	<i>k-ε, standard wall</i>
<i>Material</i>	<i>Fluid</i>	Udara
	<i>Solid</i>	Aluminium
<i>Boundary Condition</i>	<i>Inlet (Velocity Inlet)</i>	Kecepatan Udara: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s Suhu: 100 °C
	<i>Outlet(Pressure Outlet)</i>	<i>Gauge Pressure=0</i>

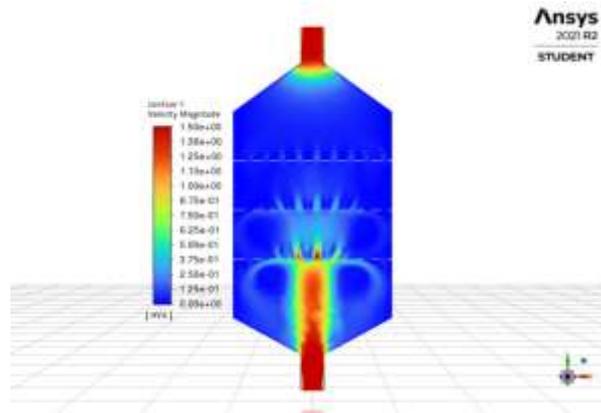
Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan dengan menggunakan *software ANSYS (Student Version)* diperoleh hasil simulasi berupa kontur distribusi udara dan suhu pada ruang pengering dengan variasi kecepatan udara pada *inlet* 1 m/s, 1,5 m/s dan 2 m/s dengan suhu udara 100°C (373.15 K). Digunakan *plane XY* pada posisi Z=0.25m pada sumbu X.

Hasil Simulasi Distribusi Udara

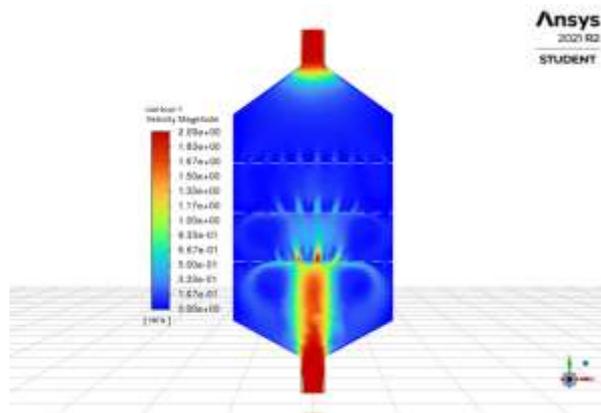


Gambar 2
Kontur distribusi udara pada Plane XY dengan kecepatan udara 1 m/s.



Gambar 3

Kontur distribusi udara pada Plane XY dengan kecepatan udara 1,5 m/s.



Gambar 4

Kontur distribusi udara pada Plane XY dengan kecepatan udara 2 m/s.

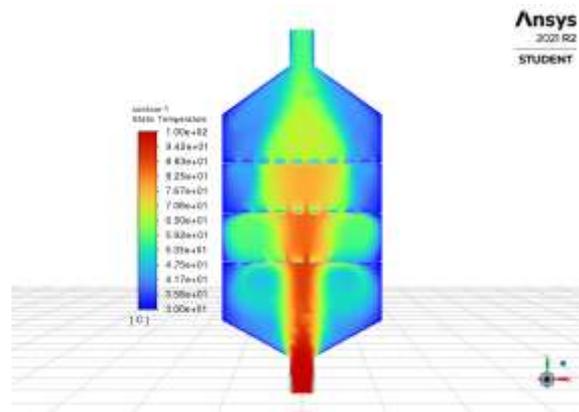
Pada kontur kecepatan udara hasil simulasi dengan variasi kecepatan udara *inlet* 1 m/s, 1,5 m/s dan 2 m/s, dapat dilihat bahwa udara masuk melalui *inlet* kemudian mengalami penurunan sebelum melewati *tray* 3 hal ini terjadi karena adanya perubahan momentum pada aliran udara saat bertumbukan dengan permukaan dinding *tray* 3 yang menyebabkan terjadinya perubahan arah aliran dan membentuk pola pusaran dan tidak melewati *tray* 3 dan terjadi penurunan kecepatan udara namun aliran udara pada bagian tengah mengalami kenaikan kecepatan yang disebabkan oleh perubahan luas penampang dan terjadi perubahan tekanan yang menyebabkan kecepatan udara meningkat pada saat melewati lubang-lubang pada *tray* 3. Aliran udara mengalami penurunan kecepatan seiring dengan bertambahnya ketinggian namun kecepatan udara mengalami peningkatan saat melewati lubang-lubang pada *tray*. Udara yang mengalir sebelum melewati *tray* 2 bertumbukan dengan permukaan dinding menyebabkan aliran udara tersebar pada bagian sisi kiri dan kanan dan membentuk pola pusaran. Sesudah melewati *tray* 2 kecepatan udara mengalami penurunan dan terjadi perubahan arah aliran setelah melewati *tray* 2 yang menyebabkan udara tersebar pada area *tray* 1 dan mengalami kenaikan kecepatan saat melewati lubang-lubang pada *tray* 1. Udara mengalami perubahan kecepatan secara signifikan pada saat sebelum memasuki *outlet*

dan meningkat secara signifikan pada saat melewati *outlet* ini disebabkan karena adanya perubahan tekanan yang menyebabkan kecepatan udara meningkat.

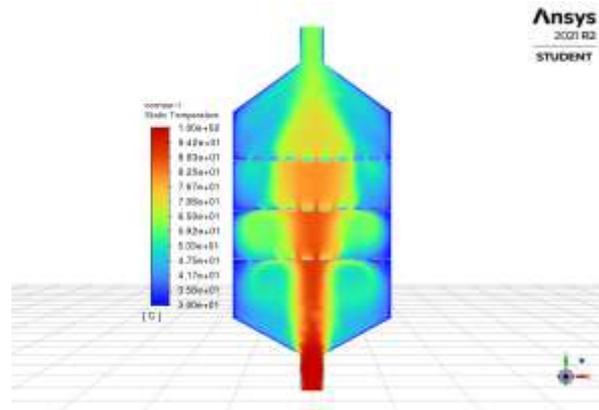
Kontur kecepatan udara hasil simulasi variasi kecepatan udara *inlet* 1 m/s menunjukkan bahwa kecepatan udara pada bagian tengah sesudah udara melewati *tray* 3 berada pada kisaran 0,5 m/s hingga 1 m/s dan kecepatan udara saat melewati *tray* 2 adalah 0,2 m/s hingga 0,4 m/s dan mengalami perubahan arah aliran sehingga udara tersebar namun mengalami penurunan kecepatan saat melewati *tray* 1 dimana kecepatan udara berada pada kisaran 0,15 m/s. Berdasarkan kontur kecepatan udara hasil simulasi variasi kecepatan udara *inlet* 1,5 m/s dapat dilihat bahwa kecepatan udara pada bagian tengah sesudah udara melewati *tray* 3 berada pada kisaran 0,8 m/s hingga 1,5 m/s dan kecepatan udara saat melewati *tray* 2 adalah 0,45 m/s hingga 0,6 m/s dan mengalami perubahan arah aliran sehingga udara tersebar namun mengalami penurunan kecepatan saat melewati *tray* 1 dimana kecepatan udara berada pada kisaran 0,25 m/s sesudah melewati *tray* 1.

Pada kontur kecepatan udara hasil simulasi dengan variasi kecepatan udara *inlet* 2 m/s dapat dilihat bahwa kecepatan udara pada bagian tengah sesudah udara melewati *tray* 3 berada pada kisaran 1,3 m/s hingga 1,9 m/s dan kecepatan udara saat melewati *tray* 2 adalah 0,7 m/s hingga 0,9 m/s dan mengalami perubahan arah aliran sehingga udara tersebar namun mengalami penurunan kecepatan saat melewati *tray* 1 dimana kecepatan udara berada pada kisaran 0,4 m/s sesudah melewati *tray* 1.

Hasil Simulasi Distribusi Suhu

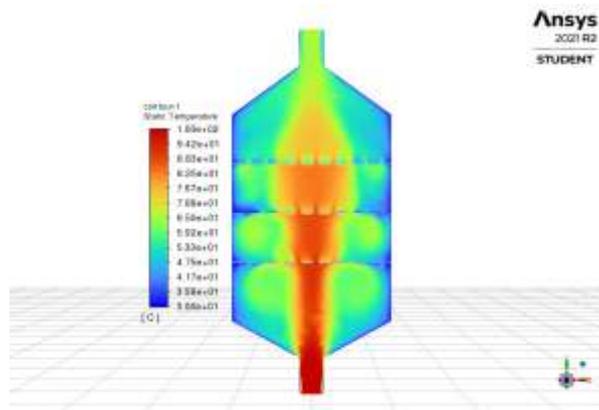


Gambar 5
Kontur distribusi suhu pada Plane XY dengan kecepatan udara 1 m/s (Suhu Udara 100°C).



Gambar 6

Kontur distribusi suhu pada Plane XY dengan kecepatan udara 1,5 m/s (Suhu Udara 100°C).



Gambar 7

Kontur distribusi suhu pada Plane XY dengan kecepatan udara 2 m/s (Suhu Udara 100°C).

Kontur distribusi suhu hasil simulasi dengan variasi kecepatan udara *inlet* 1 m/s, 1,5 m/s dan 2 m/s dengan suhu udara 100°C menunjukkan bahwa distribusi suhu masih terpusat pada bagian tengah ruang pengering dan tidak terdistribusi secara merata pada sisi kiri dan kanan *tray* 3 karena udara dari *inlet* mengalami penurunan kecepatan saat bertumbukan dengan dinding *tray* 3 membuat sebagian besar aliran udara tidak melewati *tray* 3 sehingga aliran udara hanya terpusat pada bagian tengah *tray*. Fenomena yang sama terjadi ketika udara akan melewati *tray* 2 namun saat udara melewati lubang pada *tray* 3 terjadi perubahan arah aliran udara sehingga suhu pada *tray* 2 mulai terdistribusi secara merata dan menyebar pada sisi kiri dan kanan ruang pengering hingga pada *tray* 1. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai suhu rata-rata *tray* 1, *tray* 2 dan *tray* 3 dengan variasi kecepatan udara *inlet* 1 m/s, 1,5 m/s dan 2 m/s yang ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3
Suhu rata-rata tray 1, tray 2 dan tray 3 hasil simulasi.

Kecepatan Udara pada <i>Inlet</i> (suhu udara 100°C)	<i>Tray 1</i> (°C)	<i>Tray 2</i> (°C)	<i>Tray 3</i> (°C)
1 m/s	59,8	65,04	67,2
1,5 m/s	62,4	68,37	70
2 m/s	69,8	70,6	72,1

Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi distribusi udara dan suhu pada ruang pengering *tray dryer* dengan variabel kecepatan udara *inlet* 1 m/s, suhu di dalam ruang pengering belum terdistribusi secara merata dengan suhu rata-rata *tray 1*, *tray 2* dan *tray 3* adalah 59,8°C, 65,04°C dan 67,2°C .

Hasil simulasi distribusi udara dan suhu pada ruang pengering *tray dryer* dengan variabel kecepatan udara *inlet* 2 m/s, suhu di dalam ruang pengering terdistribusi secara merata dengan suhu rata-rata *tray 1*, *tray 2* dan *tray 3* adalah 69,8°C, 70°C dan 72,1°C.

Berdasarkan hasil simulasi dengan variasi kecepatan udara *inlet* 1 m/s, 1.5 m/s dan 2 m/s, distribusi udara dan suhu yang baik di dalam ruang pengering alat pengering tipe *tray dryer* terjadi pada variasi kecepatan udara *inlet* 2 m/s dengan suhu udara 100°C dimana kecepatan udara berpengaruh terhadap karakteristik *tray dryer* yaitu suhu rata-rata ruang pengering dan suhu rata-rata pada *tray 1*, *tray 2* dan *tray 3*.

BIBLIOGRAFI

- Anwar, Chairil, & Panggabean, Sulastri. (2018). *Kajian Distribusi Suhu dan Aliran Udara Pada Alat Pengering Chips Temulawak Tipe Rak Menggunakan Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Universitas Sumatera Utara. [Google Scholar](#)
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan*. (ICS 27.180), 1. Retrieved from <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1833349.1778770> [Google Scholar](#)
- Escudier, Marcel. (2018). Introduction to engineering fluid mechanics. *Introduction to Engineering Fluid Mechanics*, 59, 1–577. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198719878.001.0001> [Google Scholar](#)
- Misha, S., Mat, S., Ruslan, M. H., Sopian, K., & Salleh, E. (2013). Review on the application of a tray dryer system for agricultural products. *World Applied Sciences Journal*, 22(3), 424–433. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.22.03.343> [Google Scholar](#)
- Mujumdar, Arun S. (2014). Handbook of Industrial Drying. In Arun S. Mujumdar (Ed.), *Handbook of Industrial Drying, Fourth Edition*. <https://doi.org/10.1201/b17208>
- Naryono, Eko, & Soemarno, Soemarno. (2013). Pengeringan Sampah Organik Rumah Tangga. *Indonesian Green Technology Journal*, 2(2), 61–69. [Google Scholar](#)
- Ononogbo, C. (2020). Equipment Sizing and Method for the Application of Exhaust Gas Waste Heat to Food Crops Drying Using a Hot Air Tray Dryer. *Indian Journal of Science and Technology*, 13(5), 502–518. <https://doi.org/10.17485/ijst/2020/v13i05/145593> [Google Scholar](#)
- Pozrikidis, Constantine. (2016). *Fluid dynamics: theory, computation, and numerical simulation*. [Google Scholar](#)
- Tabatabaian, Mehrzad. (2015). *CFD module*. Mercury Learning and Information. [Google Scholar](#)
- Tun, Maw Maw, & Juchelková, Dagmar. (2019). Drying methods for municipal solid waste quality improvement in the developed and developing countries: A review. *Environmental Engineering Research*, 24(4), 529–542. <https://doi.org/10.4491/eer.2018.327> [Google Scholar](#)
- Tursi, Antonio. (2019). A review on biomass: Importance, chemistry, classification, and conversion. *Biofuel Research Journal*, 6(2), 962–979. <https://doi.org/10.18331/BRJ2019.6.2.3> [Google Scholar](#)

Copyright holder:

Renaldi L. Kereh, Abrar Riza, Harto Tanujaya (2022)

First publication right:

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

