

SIMULASI PENGARUH LAJU ALIRAN MASUK TERHADAP DISTRIBUSI TEKANAN DAN SUHU PADA RUANG PENGERING MENGGUNAKAN CFD

, ¹Ridwan, Ridwan; ²Hilwah Nur Islamiyanti

^{1,2} Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma,
Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat
ridwan@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Banyak metode yang digunakan untuk mempermudah proses pengeringan, salah satunya dengan menggunakan metode dehumidifikasi. Pada metode dehumidifikasi, terjadi perpindahan kandungan air di ruang pengering pada bahan padat, sehingga udara pada ruang pengering memiliki kelembaban relative yang rendah dan dapat mempermudah terjadinya proses pengeringan. Tujuan penelitian adalah untuk melakukan kajian terhadap pengaruh parameter laju aliran, temperature dan tekanan di ruang pengering, khususnya pada tempat specimen (TS1, TS2 dan TS3). Penelitian ini menggunakan model *Computational Fluid Dynamics* (CFD) ANSYS 19.0; dengan Tipe Komponen pengarah yang digunakan adalah *round-60° staggered*, dan variasi kecepatan aliran masuk 0.5 m/s, 1.5 m/s, 2.5 m/s, 3.5 m/s, 4.5 m/s, dan 5.5m/s. Hasil terbaik ditunjukkan oleh varian kecepatan 3.5 m/s, dengan pengambilan sampel nilai kecepatan di titik (x:0.405 m dan z:0.360m) untuk TS1, TS2 dan TS3 sebesar 3.064m/s, 1.342m/s dan 2.995m/s; Nilai Tekanan pada TS1, TS2 dan TS3 sebesar 1.611 Pa, 0.163Pa, dan 0.241Pa; Nilai Temperature TS1, TS2 dan TS3 sebesar 35.6°C, 34.9°C dan 35.3°C. Distribusi suhu dan tekanan lebih stabil dan merata pada kecepatan input 3,5 m/s.

Kata Kunci: : Pengeringan, Kecepatan, Tekanan, Suhu, ANSYS

Abstract

Many methods are used to facilitate the drying process, one of which is the dehumidification method. In the dehumidification method, there is a transfer of water content in the drying room to raw materials, so that the air in the drying room has low relative humidity and can facilitate the drying process. The purpose of the study was to analyze the influence of flow rate, temperature and pressure parameters in the drying chamber, especially on the specimen site (TS1, TS2 and TS3). This study used *Computational Fluid Dynamics* (CFD) ANSYS 19.0 software; with type the steering component used is *60° staggered*, and the velocity inlet variations were 0.5 m/s, 1.5 m/s, 2.5 m/s, 3.5 m/s, 4.5, and 5.5 m/s. The best results were shown by the speed variant of 3.5 m/s, with sampling of speed values at points (x:0.405 m and z:0.360m) for Pressure values at TS1, TS2 and TS3 are 1.611Pa, 0.163Pa, and 0.241Pa; Temperature values of TS1, TS2 and TS3 are 35.6°C, 34.9°C and 35.3°C. The temperature and pressure distribution is more stable at an input velocity of 3.5 m/s

Keywords: Dryer, Velocity, Pressure, Temperature, ANSYS

PENDAHULUAN

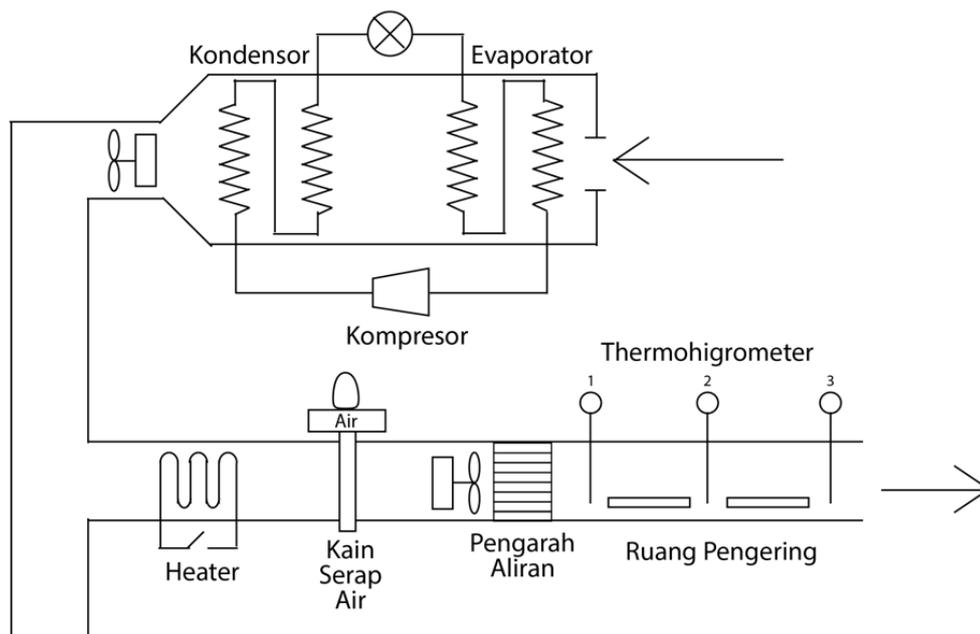
Proses pengeringan merupakan salah satu cara yang telah lama dilakukan untuk mengawetkan hasil panen. Proses serta teknologi pengeringan sangat menentukan

kualitas produk agar lebih tahan lama (awet), menurunkan massa produk, memudahkan proses penyimpanan, serta mempertahankan kualitasnya produk, dan hingga saat ini telah banyak dikembangkan metode pengeringan [1][2].

Salah satu metode pengeringan yang banyak digunakan adalah metode pengeringan dehumidifikasi. Pada metode dehumidifikasi terjadi proses perpindahan kandungan air pada suatu bahan padat dengan sumber energi panas, udara pengering mempunyai kelembaban relatif yang rendah sehingga proses pengeringan dapat terjadi lebih mudah [3].

Pada Gambar 1, terlihat skema alat pengering yang dilengkapi alat pengarah aliran fluida sebelum masuk kedalam ruang pengering. Simulasi variasi kecepatan aliran fluida saat melewati pengarah aliran sangat mempengaruhi proses penurunan kelembaban (dehumidifikasi) produk. Metode dehumidifikasi telah diterapkan pada bahan makanan kering, obat-obatan, dan sebagainya [4][5]. Beberapa peneliti telah melakukan

penelitian terkait dengan proses pengeringan, penelitian tersebut seperti mengatur distribusi udara dan suhu yang terjadi pada ruang pengering dengan menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD)[6]. Dalam prosesnya, simulasi dilakukan dengan beberapa penyesuaian geometrik sehingga diperoleh hasil geometri ruang pengering yang mampu mendistribusikan panas secara menyeluruh. Kemudian penelitian lain dengan bantuan perangkat lunak CFD yakni menganalisis karakteristik laju aliran pada ruang pengering dengan memberikan variasi nilai suhu, kecepatan dan tekanan menggunakan Simulasi Computation Fluid Dynamic (CFD). Dari proses ini varian suhu terbaik adalah 45°C karena menghasilkan kontur yang rata pada ruang pengering.[7,8]



Gambar.1 Skema Alat pengering [3]

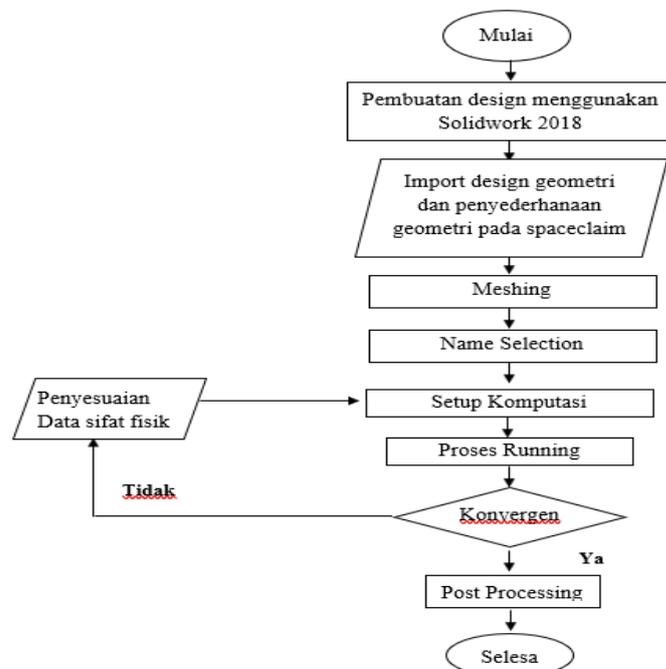
Pada pengujian eksperimental yang telah dilakukan sebelumnya tentang penyusutan temulawak diruang pengering dengan metode dehumidifikasi. Pada proses aliran fluida yang dimasukkan dalam ruang pengeringan produk, kecepatan aliran cukup tinggi mencapai aliran turbulent. Kecepatan aliran fluida turbulent saat memasuki raung pengering mengurangi kualitas produk [3,9]. Penambahan komponen pengarah fluida saat masuk keruang pengering, aliran udara sudah berubah menjadi laminar. Hasil penelitan [10] menunjukkan bahwa pengeringan dengan laju aliran rendah, produk tidak mengalami persentase penyusutan yang besar. Pada umumnya pada penelitian yang ada belum melakukan simulasi secara simultan untuk melihat distribusi tekanan dan temperatur pada kecepatan yang cukup tinggi khususnya pada kecepatan diatas 3 m/s.

Berkaitan dengan hal tersebut diatas, maka pada penelitian ini dilakukan simulasi kecepatan aliran udara masuk ruang pengering menggunakan komponen pengarah tipe *round – 60° staggered* , dan variasi kecepatan aliran ; 0,5m/s, 1,5m/s, 2,5m/s, 3,5m/s, 4,5m/s, dan 5,5m/s.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode simulasi, dengan perangkat lunak Solidwork dan *Computer Fluid Dynamic* (CFD) ANSYS Fluent versi. Proses simulasi dimulai dengan melakukan pembuatan design menggunakan solidworks.

Setelah proses pembuatan design, kemudian diimport pada *spaceclaim* yang telah terintegrasi dengan software ANSYS.



Gambar 2. Tahapan Simulasi

Dilakukan pendefinisian geometri dan penyederhanaan design untuk mempermudah proses simulasi. Selanjutnya dilakukan proses meshing, dengan melakukan penyesuaian ukuran mesh dan penentuan bidang batas / *name selection*. Tahap terpenting adalah proses *set-up*, dimana pada proses *set-up* komputasi harus diperhatikan nilai yang akan diinput, agar hasil simulasi tidak eror. Selanjutnya adalah proses running untuk melihat hasil simulasi, apabila konvergen maka menuju ke tahap selanjutnya yaitu post processing.

Keterangan Gambar 2:

Proses simulasi dimulai dengan membuat gambar dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D) menggunakan software Solidworks (SW). Gambar yang telah dibuat selanjutnya diimport atau dimasukkan kedalam software CFD Ansys *spaceclaim*, hal ini bertujuan agar desain yang telah dibuat pada software SW geometri desainnya lebih sederhana serta kompatibel dengan software ansys. Tahap selanjutnya dilakukan meshing atau griding yaitu proses membagi komponen yang akan dianalisis menjadi elemen-elemen kecil atau diskrit. Selanjutnya dilakukan *name selection* untuk mendefinisikan kondisi batas sistem, sebelum masuk ke tahap set up komputasi dan

proses running untuk mengeksekusi parameter parameter dan kondisi batas yang sudah diberikan pada sistem atau ruang pengering yang disimulasikan.

Proses *running* dilakukan sampai terjadi konvergensi hasil. Apabila dalam proses running tidak terjadi hal konvergensi maka dilakukan penyesuaian atau setting ulang data fisik sampai terjadi konvergensi. Tahap terakhir setelah konvergensi adalah menampilkan hasil simulasi.

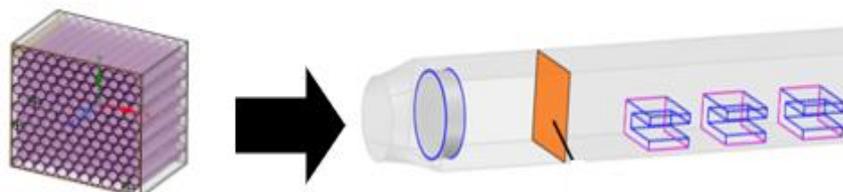
Secara garis besar pada proses simulasi terdapat tiga tahapan utama, yaitu *Pre - processing*, *processing*, dan *post processing*

1. *Pre-Processing*

Pada tahap ini dilakukan pembuatan geometri, *meshing*, penentuan *name selection*:

a. Membuat Geometri

Membuat model alat pengering dilakukan dengan menggunakan software *solidworks* yang kemudian rancangan ruang pengering akan disesuaikan pada aplikasi *spaceclaim* yang telah terintegrasi dengan software ANSYS. Beberapa design komponen pada ruang pengering dilakukan proses penyederhanaan agar mempermudah dalam proses simulasi.



Gambar 3. Pembuatan Geometri

b. *Meshing*

Pada tahap ini dilakukan proses membagi membagi volume menjadi bagian-bagian kecil, untuk dapat dianalisa pada software ANSYS.

2. *Processing*

Tahap ini dilakukan: *General, models, materials, cell zone conditions, boundary conditions, solution methods*, dan *run calculation*.

a. *Boundary Conditions*

Pemberian batas pada sistem fluida digunakan dari input-input untuk membatasi parameter aliran yang ada. Pada penelitian ini terdapat beberapa *setting boundary* yang dilakukan, seperti: *Boundary Condition* pada *Inlet-Outlet*, *Boundary Condition* pada *Fan / Kipas* dan *Boundary Condition* pada Pengarah Aliran. [11, 12].

Penerapan batas komponen *fan* berdasarkan *Ansys Manual Guide* untuk *Fan Boundary Condition*. Grafik *pressure-air flow* dikonversi menjadi grafik *pressure-velocity* untuk mendapatkan nilai persamaan garis yang kemudian akan diinput ke dalam program ANSYS.[12] Penerapan batas pada komponen pengarah aliran, dilakukan perhitungan dengan persamaan (3) dan (4).

b. *Solution Methods* dan *Solution Initialization*

Pada proses *Solution Methods* digunakan skema SIMPLEC dengan nilai

skewness correction adalah 1; skema SIMPLEC digunakan pada aliran yang sederhana dan focus pada *coupling* tekanan-kecepatan yang menghasilkan solusi yang cepat dan konvergen; dan untuk tahap *Solution Initialization* diterapkan *Hybrid initialization*. [11]

c. *Run Calculation*

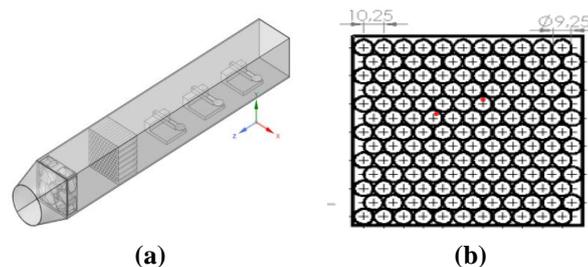
Tahap ini akan dilakukan proses iterasi untuk mencapai konvergensi. Diberikan nilai iterasi 150 agar mencapai tahap konvergensi.

3. *Post-Processing*

Tahap ini menjadi tahap akhir dari proses pengerjaan, dimana akan ditampilkan hasil pengolahan data dalam bentuk hasil kualitatif dan hasil kuantitatif. Hasil kualitatif meliputi distribusi tekanan, kecepatan dan temperature; sedangkan untuk hasil kualitatif menampilkan visualisasi dari aliran dengan tampilan *contour, vector, streamline*. [9]

Skenario Penelitian

Data pada penelitian sebelumnya [3] udara yang masuk ke ruang pengering dengan kecepatan 1,5 m/s akan diteruskan oleh kipas yang selanjutnya akan menghubungkan komponen pengarah tipe dengan *Round – 60° Staggered* yang berdiameter 9,25 mm dan jaraknya antara pusat diameternya adalah 10,25 mm dan kemudian akan didistribusikan di ruangan tempat spesimen (produk) ditempatkan. Skematik ruang pengering dan pengarah aliran dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 (a) Ruang Proses Pengeringan (b) Konfigurasi Pengarah Aliran

Dilakukan skenario penelitian dengan beberapa data sebagai pembanding dalam proses simulasi:

Tabel 1. Skenario Penelitian

Kondisi	Bentuk	F (%)	C ₂	V (m/s)	T (°C)
Kondisi 1	60° Staggered Diameter: 9.25mm	73.86	11.598	0.5	35.5
				1.5	
				2.5	
				3.5	
				4.5	
				5.5	

Seperti terlihat pada Tabel 1, pada komponen pengarah yang diberikan variasi input kecepatan dengan nilai 0.5m/s, 1.5m/s, 2.5m/s, 3.5m/s, 4.5m/s dan 5.5m/s. Kemudian dilakukan perhitungan nilai persentase area yang terbuka terhadap total area komponen pengarah dan didapatkan hasil 73.86 %. Dari hasil tersebut didapatkan pula nilai *porous Pressure jump coefficient* sebesar 11.598.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi dinyatakan pada tiga lokasi/titik; dengan Kondisi Konfigurasi Pengarah Aliran tipe *Round – 60 Degree Staggered*, dengan diameter 9.25 mm dan jarak antar pusat lingkaran 10.25mm, berikut hasil simulasi untuk contour tekanan pada

kecepatan masuk (inlet): (a) 0.5m/s; (b) 1.5 m/s; (c) 2.5m/s; (d) 3.5m/s (d) 4.5m/s (e)5.5m/s:

Gambar 5 merupakan hasil simulasi *contour* tekanan untuk semua variasi kecepatan aliran masuk, terlihat bahwa tekanan aliran udara pada ruang pengering terdistribusi dengan baik pada varian kecepatan aliran fluida masuk 3,5m/s, 4,5m/s dan 5,5m/s, dimana udara juga terdistribusi pada celah antara TS 1 dan TS 2 serta pada celah antara TS 2 dan TS 3. Namun pada kecepatan 3,5m/s mempunyai distribusi tekanan yang lebih stabil dibandingkan dengan saat kecepatan 4,5m/s dan 5,5m/s.

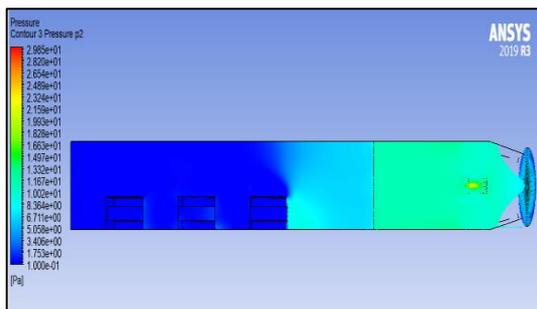
Perbandingan Tekanan Antar Tempat Spesimen ditunjukkan bahwa di titik (x: 0,405 dan z: 0,360) pada TS 1 didapat nilai tekanan yang lebih besar daripada TS 2 dan TS 3. Pada

variasi kecepatan 1,5m/s, aliran udara mengalami penurunan tekanan di TS2 dari 0,381Pa menjadi 0,051Pa, gesekan antara spesimen dengan udara yang bergerak juga menjadi faktor penurunan tekanan. Nilai tekanan pada ruang pengering akan mempengaruhi proses pengeringan, dimana semakin kecil tekanan udara di ruang pengering maka semakin rendah pula kelembaban udara di dalam ruangan sehingga hal tersebut dapat mempercepat proses pengeringan.

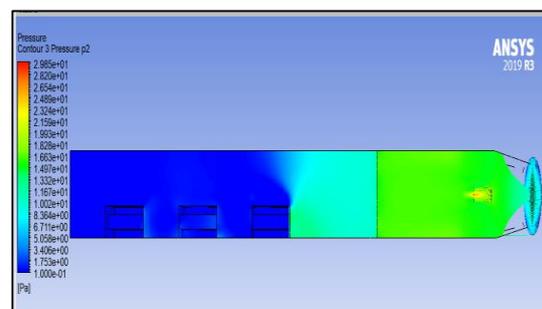
Dari hasil simulasi profil tekanan terlihat terjadi penurunan yang cukup signifikan yang terjadi pada ruang pengering. Penurunan tekanan terjadi ketika aliran udara yang diteruskan dari komponen *fan* melewati komponen pengarah aliran. Berdasarkan pada gambar 6 dapat disimpulkan bahwa varian

3,5m/s, 4,5m/s dan 5,5m/s mempunyai penurunan tekanan yang lebih besar dibandingkan dengan varian kecepatan yang lain. Nilai kecepatan yang semakin besar akan berpengaruh pada penurunan tekanan dan nilai tekanan pada ruang pengering. Semakin besar nilai kecepatan, maka nilai tekanan pada ruang pengering akan semakin kecil.

Pada Gambar. 6. Terlihat perbandingan nilai temperature dan Tempat Spesimen (TS) bahwa pada variasi kecepatan 1,5 m/s terjadi penurunan suhu di TS 2 dengan nilai 35,6°C menjadi 34,7°C kemudian ketika di TS 3 suhu meningkat menjadi 35.1°C. Penurunan nilai rata-rata suhu terjadi pada TS 2, disebabkan karena jarak yang berdekatan dan adanya gap antara TS 1 dan TS 2 sehingga menyebabkan distribusi suhu tidak merata.

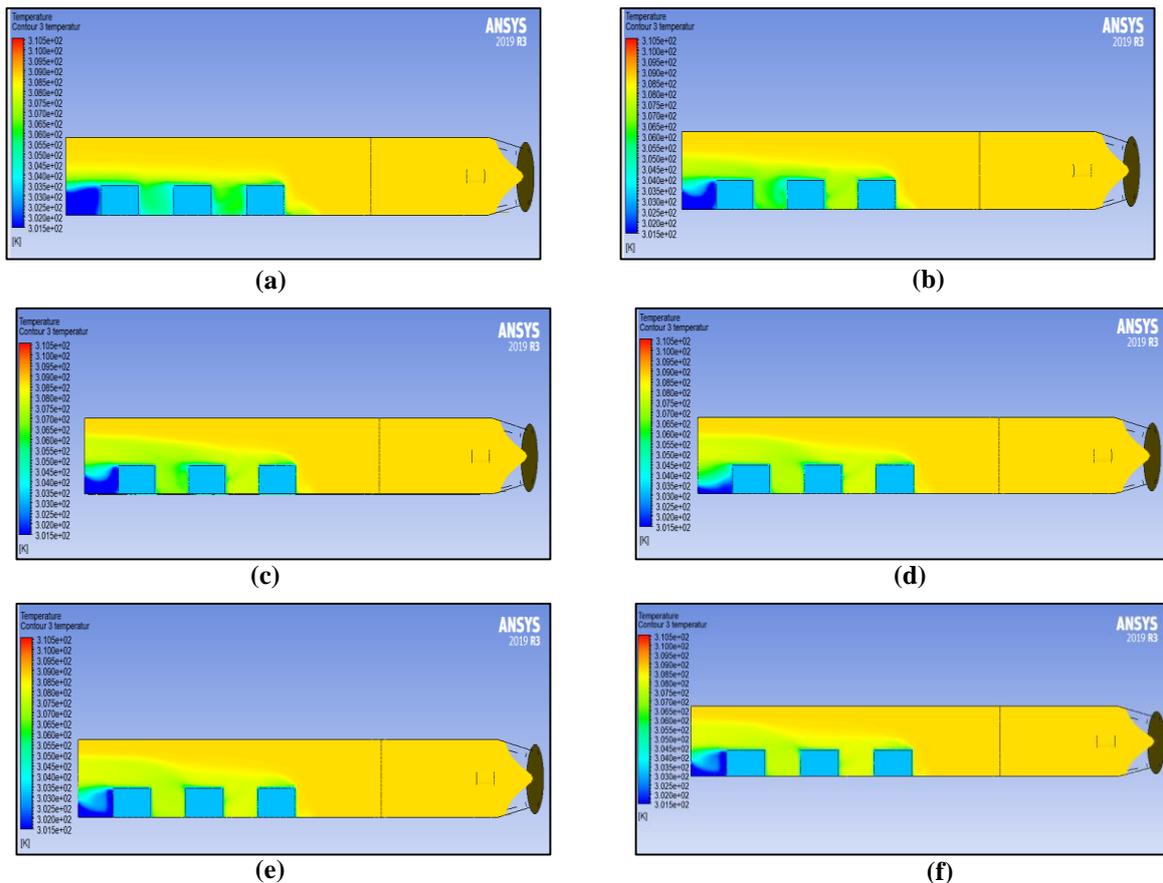


(e)



(f)

Gambar 5. Pressure Contour s pada kecepatan (a) 0.5m/s (b) 1.5m/s (c) 2.5m/s (d) 3.5 m/s (e) 4.5m/s (f) 5.5m/s)



Gambar 6. *Temperature Contour* Pada Kecepatan (a) 0.5m/s (b) 1.5m/s (c) 2.5m/s (d) 3.5 m/s (e) 4.5m/s (f) 5.5m/s

Kontur temperatur tidak terlihat kenaikan atau penurunan nilai temperatur yang signifikan pada setiap varian kecepatan inlet. Nilai suhu berubah secara alami mulai dari nilai awal yang diberikan. Dimana nilai awal suhu sebesar 35,5°C, dan pada varian kecepatan 3.5m/s nilai suhu pada TS 1 sebesar 35,6°C, pada TS 2 sebesar 34,9°C dan pada TS 3 sebesar 35,3°C. Profil suhu terlihat semakin merata dan terdistribusi dengan baik pada kecepatan inlet yang lebih tinggi. Pada kecepatan inlet paling rendah yaitu 0,5 m/s terlihat profil distribusi temperatur juga terjadi pada sekitar produk juga relatif lebih

rendah. Hal ini terjadi karena dengan kecepatan yang lebih rendah saat fluida terjadi kontak dengan produk yang dikeringkan akan terjadi kontak dan terhalang, belum cukup tekanan untuk melakukan distribusi temperatur dengan baik sekitar produk. Hal ini sesuai dengan [14]. Percampuran bahwa variasi kecepatan tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan suhu. Pada variasi kecepatan 0,5m/s, distribusi temperatur tidak dapat mencapai celah antar lokasi spesimen di TS 3. Semakin besar nilai kecepatan yang diberikan maka distribusi temperatur semakin baik

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa distribusi tekanan dipengaruhi oleh kecepatan inlet fluida masuk. Penurunan tekanan terjadi ketika udara tekan yang dialirkan dari fan menuju tempat spesimen (TS) melewati komponen pengarah. Semakin besar kecepatan yang diberikan maka tekanan akan semakin kecil. Variasi kecepatan inlet 3,5 m/s merupakan variasi kecepatan inlet optimal untuk mendistribusikan tekanan dan temperatur/suhu pada ruang pengering. Penambahan kecepatan aliran inlet tidak berbanding linier dengan kenaikan distribusi tekanan dan temperatur pada ruang pengering. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan variasi bentuk, model dan dimensi saluran masuk ruang pengering.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Asiah dan M. Djaeni, *Konsep Dasar Pengeringan Pangan*, Kepanjen, Malang: AE Publishing, 2021.
- [2] Calín-Sánchez Á, Lipan L, Cano-Lamadrid M, Kharaghani A, Masztalerz K, Carbonell-Barrachina ÁA, Figiel A, "Comparison of Traditional and Novel Drying Techniques and Its Effect on Quality of Fruits, Vegetables and Aromatic Herbs," *Foods*, vol. 9, no. 9, 2020: 1261. doi: 10.3390/foods9091261. PMID: 32916839; PMCID: PMC7554907.
- [3] Putra, Akbar Surtaya, dan Heru Kuncoro, "Pengaruh kondisi pengeringan dengan kelembaban dan suhu rendah terhadap penyusutan temulawak," *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, vol. 25, no. 1, hal. 81-89, 2021.
- [4] Djaeni, Mohamad, et al, "Evaluation of food drying with air dehumidification system: a short review," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 102. no. 1. IOP Publishing, 2018.
- [5] J.C. Atuonwu, X. Jin dkk. Reducing Energy Consumption In Food Drying: Opportunities In Desiccant Adsorption And Other Dehumidification strategies. *Procedia Food Science*, 2011, hal. 1799-1805.
- [6] D.D. Saputra, D.H. Al-Janani, Rosidah, "Kinerja Low Temperature Drying Dengan Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD)," *Prosiding Seminar Unimus*, vol. 3, 2020.
- [7] I. Rosyadi, A. Sudrajad, D. Satria, Y. Yusuf, K. T. Wijaya, "Analisa Laju Aliran Fluida Pada Mesin Pengering Konveyor Pneumatik Dengan Menggunakan Simulasi CFD," *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, vol. 3, no. 2, hal. 48-51, 2017.
- [8] Jake Miller dan Nick Vastine, "Calculating Pressure Drop Across Sharp-Edged Perforated Plates." Retrieved June 15 (2020). [Daring],

- Tersedia:
<https://www.aft.com/support/product-tips/perforated-plates-pressure-drop>.
 [Diakses: 10 Januari 2023]
- [9] M. Syaiful dan Hargono, "Profil Suhu Pada proses Pengeringan Produk Pertanian dengan Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD)," *Reaktor*, vol.12, no. 3, hal. 195-202, 2009.
- [10] Computational Fluid Dynamics. Ahmad Indra Research Group. 25 Februari 2019, [Daring], Tersedia:
https://air.eng.ui.ac.id/index.php?title=Computational_Fluid_Dynamics.
 [Diakses: 10 Januari 2023]
- [11] Malekjani, Narjes, dan Seid Mahdi Jafari, "Simulation of food drying processes by Computational Fluid Dynamics (CFD); recent advances and approaches," *Trends in food science & technology*, vol. 78, hal. 206-223, 2018.
- [12] Zhan, Qiwei, et al. "A new upwind flux for a jump boundary condition applied to 3D viscous fracture modeling." *Computer methods in applied mechanics and engineering*, vol. 331, hal. 456-473, 2018.
- [13] R.L. Kereh, Abrar Riza, Harto Tanujaya, "Analisis Karakteristik Pengering Sampah Organik Tipe Tray Dryer Dengan Pendekatan CFD," *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, vol. 6, no.7, 2022.
- [14] Alkindi, Hablinur, Y. Aris Purwanto, and Dyah Wulandani, "Analisis CFD Aliran Udara Panas pada Pengering Tipe Rak dengan Sumber Energi Gas Buang," *Jurnal Keteknikaan Pertanian*, vol. 3, no. 1, 2015