

Analisis Aliran Udara Pada Ruang Pengering Low Temperature Dryer Dengan Simulasi CFD

Miftachul Huda¹, Danang Dwi Saputra¹

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 05 10 2021

Disetujui 11 10 2021

Dipublikasikan 21 10 2021

Keywords:

CFD; low temperature dryer; simulation

Abstrak

Teknologi pengeringan bahan pangan dalam menjaga kualitas makanan jadi daya tarik tersendiri bagi industri makanan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dsitribusi udara dan temperatur yang terjadi di dalam ruang pengering menggunakan simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD). Pembuatan geometri ruang pengering telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan gambar rancangan 3D dengan bantuan software. Berbagai parameter untuk keperluan simulasi telah dimasukan. Hasilnya beberapa rak di dalam ruang pengering diketahui tidak teraliri udara dengan kecepatan merata sehingga dilakukan beberapa penyesuaian pada geometri ruang pengering. Setelah beberapa kali perubahan geometri, ditemukan geometri ruang pengering yang dapat mendistribusikan aliran udara dan panas dengan relatif merata. Aliran udara yang masuk ke ruang pengering berkecepatan 2 m/s berubah menjadi 1 m/s sampai 1,2 m/s ketika mengalir pada rak pengering. Sementara temperatur udara awal sebesar 50oC berhasil di distribusikan secara relatif merata pada rak pengering dengan temperatur berkisar 450C hingga 500C.

Abstract

Food drying technology in maintaining food quality has become an attraction for the food industry. Low temperature drying was the option for drying food while maintaining the nutritional value of food remain intact. The purpose of this study was to determine the air and temperature distribution that occurred in the drying chamber using Computational Fluid Dynamic (CFD) simulations. Geometry of the drying chamber has been done previously in 3D design drawings using software. Various parameters for simulation have been used. The result showed air flowed unevenly in some shelves of drying chamber so that some adjustments were made to the geometry of the drying chamber. After several changes, the geometry of drying chamber could distribute air and heat flow evenly. The air flow into the drying chamber at 2 m/s dropped to 1 m/s upto 1,2 m/s when flow on the drying rack. While the initial air temperature of 50°C was distributed evenly on a drying rack with temperatures ranging from 45°C to 50°C.

PENDAHULUAN

Teknologi pengeringan menjadi salah satu teknologi yang dibutuhkan oleh industri masa kini. Salah satu industri yang memanfaatkan teknologi ini adalah industri makanan. Kemampuan teknologi pengeringan dalam menjaga kualitas makanan jadi daya tarik tersendiri bagi industri makanan. Teknologi pengeringan telah berkembang dari teknologi yang berguna untuk mengawetkan makanan menjadi teknologi yang digunakan dalam pengembangan produk, memudahkan penggunaan produk dan memenuhi permintaan kualitas produk oleh konsumen. Selain itu produk hasil proses pengeringan memiliki volume yang relatif lebih kecil dibandingkan sebelumnya karena telah berkurangnya kandungan air sehingga produk menjadi lebih mudah dalam pengemasan dan pendistribusian (Djaeni dan Sari, 2015). Proses pengeringan yang umum dijumpai saat ini diantaranya pengeringan tradisional yaitu pengeringan dengan menggunakan bantuan dari panas sinar matahari. Jenis pengeringan ini merupakan metode pengeringan dengan ruang terbuka (*open air drying*) yang masih sering dipakai karena tidak banyak membutuhkan biaya dengan memanfaatkan sumber energi yang gratis dan berkelanjutan. Namun pengeringan jenis ini memiliki banyak kekurangan karena sangat tergantung pada kondisi cuaca dan memiliki masalah terhadap adanya kontaminasi, serangan bakteri dan kutu sehingga berpengaruh terhadap kualitas hasil pengeringan. Selain itu waktu pengeringan yang dibutuhkan dapat berlangsung sangat lama sehingga berpotensi menimbulkan kerugian pasca panen (Sekyere dkk, 2016).

Pengeringan menggunakan oven merupakan jenis pengeringan dengan ruangan tertutup (*closed drying*). Penggunaan oven sebagai alat pengering memiliki kerugian yaitu membutuhkan waktu yang lama dan dapat menyebabkan penurunan kualitas pada hasil produk yang dikeringkan (Trisnawati dkk, 2014).

Berbagai alat pengeringan bertemperatur rendah telah banyak bermunculan sebagai pengering bahan pangan. Namun waktu pengeringan masih terlalu lama dan pengeringan tidak merata. Sebagai contoh seperti yang terjadi pada alat pengering bahan makanan di Griya Ketelaku (GK) kelurahan Pelalangan, Gunung Pati, Semarang. Berbagai bahan pangan yang dikeringkan seperti singkong/ketela, wortel, buah dan umbi-umbian tidak dapat dikeringkan secara sempurna dikarenakan udara pengering dialirkan secara vertikal dari bawah ke atas dengan posisi rak/*tray* disusun juga secara vertikal. Sehingga pengeringan yang optimal hanya terjadi pada rak paling atas dan rak paling bawah. Selain itu pengeringan juga membutuhkan waktu yang lama sampai semua bahan benar-benar kering bahkan bisa mencapai 24 jam (Misha dkk, 2013).

Al-Kindi, dkk (2015) melakukan penelitian tentang distribusi panas pada alat pengering kopra dengan memanfaatkan gas sisa dari hasil pembakaran biomassa. Hasil menunjukkan distribusi temperatur pada tiap rak tidak sama. Modifikasi ruang pengering kemudian dilakukan dengan menambahkan dinding pembagi untuk mengerahkan udara pengering. Setelah penambahan dinding pembagi udara panas menjadi lebih merata.

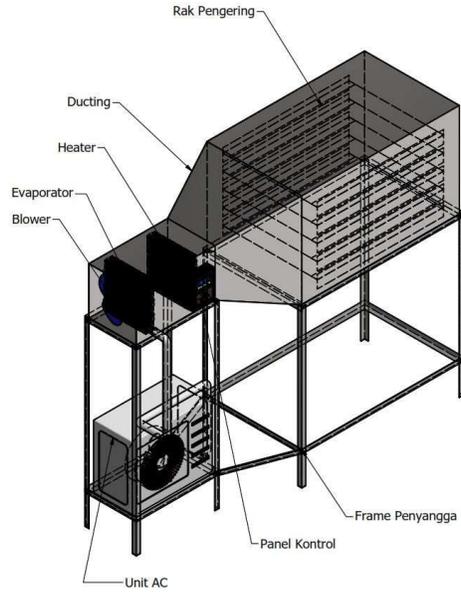
Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mengetahui arah aliran udara di dalam ruang pengering agar proses distribusi udara dapat berlangsung secara merata.

METODE PENELITIAN

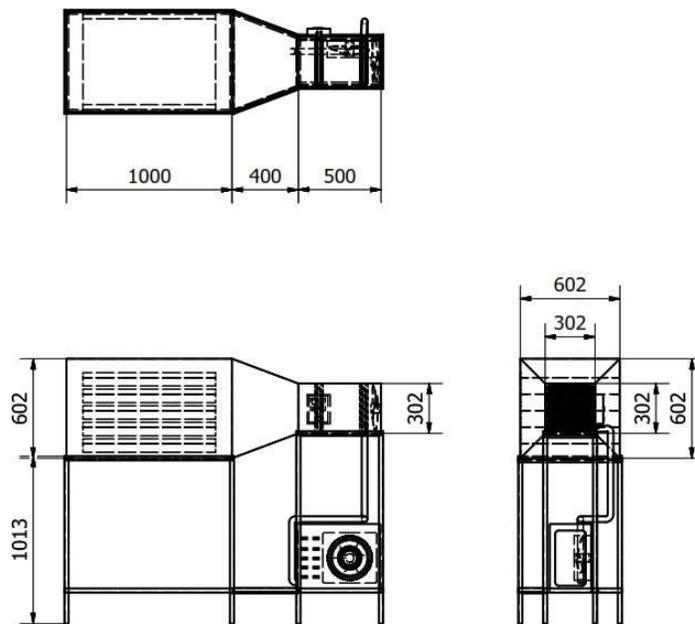
Secara umum proses simulasi CFD dibagi menjadi 3 tahap yaitu *Pre-processing*, *Processing* dan *Post-processing* (Sukamta dkk, 2018).

1. Pre-processing

Pre-processing adalah tahap awal dalam simulasi meliputi pembuatan geometri. Perancangan alat *Low Temperatur Dryer* menggunakan software gambar 3D dilakukan untuk memberikan gambaran alat yang akan dirancang dan ukuran dimensi alat. Adapun rancangan dasar dari alat tersebut diperlihatkan pada Gambar 1 dan 2 berikut ini.

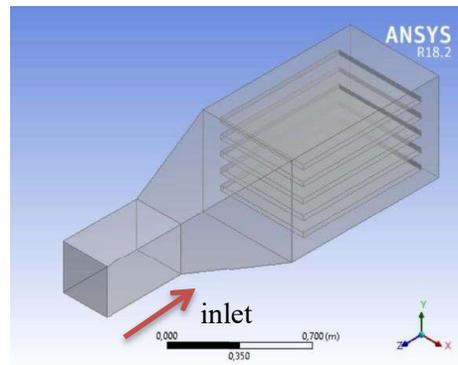


Gambar 1. isometrik dan komponen *Low Temperature Dryer*



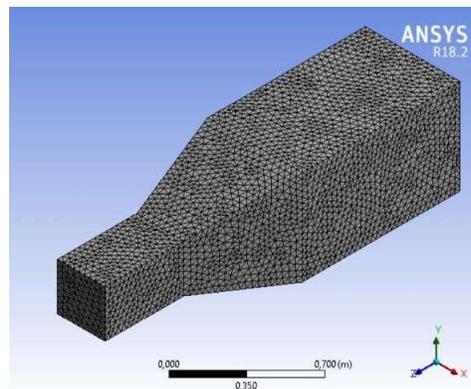
Gambar 2. Proyeksi dan dimensi ukuran (mm) *Low Temperature Driyer*

Hasil perancangan disimulasikan dengan menggunakan bantuan program ANSYS Fluent untuk mempresentasikan aliran udara pengering yang mengalir di dalam ruang pengering serta distribusi temperatur pada bagian rak pengering. Dibuat sebuah gambar model 3D dari ruang pengering untuk disimulasikan seperti pada Gambar 3. Udara masuk melalui saluran *inlet* dari saluran kecil, melewati difusser untuk memperluas luasan saluran kemudian menuju ke rak – rak pengering.



Gambar 3. Model simulasi ruang pengering aliran horizontal

Model disimulasikan dengan jumlah *mesh* sebanyak 19.662 *nodes* dan 91 043 *elements* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. berikut ini.



Gambar 4. Meshing dari model ruang pengering

2. Processing

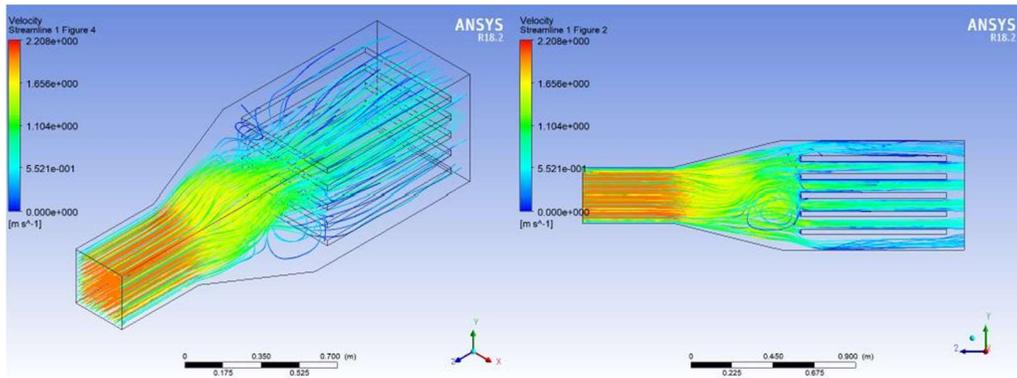
Processing meliputi penentuan kondisi batas, proses numerik dan iterasi Model ruang pengering akan disimulasikan dengan diberikan kecepatan udara pada inletnya sebesar 2 m/s dan temperatur 50°C atau 323 K searah sumbu z. Simulasi yang dilakukan menggunakan metode k-epsilon dengan mengikut sertakan persamaan energi. Material fluida yang digunakan sebagai simulasi adalah udara pada tekanan 1 atm. Sedangkan rak pengering dan ruang pengering menggunakan material *steel*.

3. Post-processing

Post-processing meliputi plot distribusi tekanan, temperatur, dan *volume fraction*. Plot *streamline* dan *contour* dipilih dalam penelitian ini untuk mempermudah melihat hasil dari simulasi.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

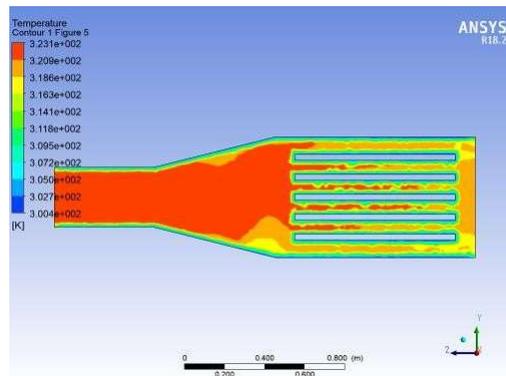
Simulasi menghasilkan distribusi aliran udara pada ruang pengering. Hasil dari simulasi distribusi aliran udara ditampilkan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Distribusi aliran udara pada ruang pengering

Aliran udara pada ruang pengering menunjukkan distribusi aliran udara pada tiap rak. Terlihat pada Gambar 5 udara dapat melewati setiap rongga antar rak sehingga memungkinkan udara dapat mengeringkan bahan pangan ke semua rak. Penurunan kecepatan dari kecepatan semula 2 m/s pada sisi *inlet* (kiri) menjadi sekitar 0,6 m/s pada sisi *outlet* (kanan). Hal ini terjadi karena adanya perbedaan luasan antara sisi *inlet* dengan *outlet*. Pergesekan udara dengan rak pengering juga menjadi penyebab penurunan kecepatan udara.

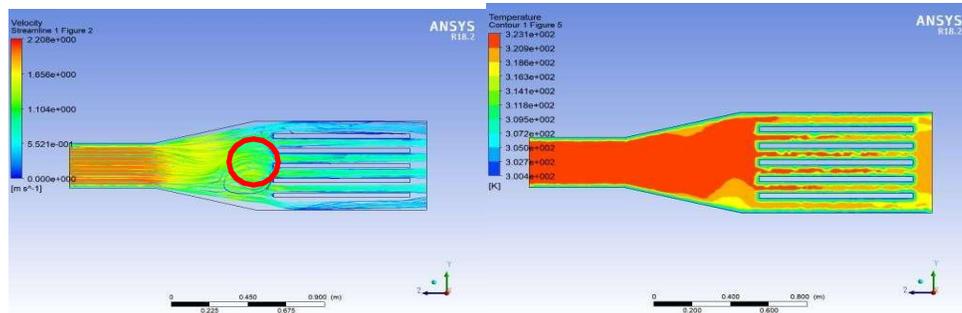
Distribusi temperatur udara di dalam ruang pengering diperlihatkan dalam simulasi. Sama halnya dengan distribusi aliran udara, distribusi temperatur juga dipengaruhi oleh dimensi ruang pengering. Hal ini terjadi karena udara dalam hal ini berperan sebagai media yang mentransferkan panas dari *heat exchanger* menuju ke seluruh sisi ruang pengering (Ndeo dkk, 2021). Temperatur udara mengalami perubahan ketika mencapai rak pengering seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Distribusi temperatur udara pada ruang pengering

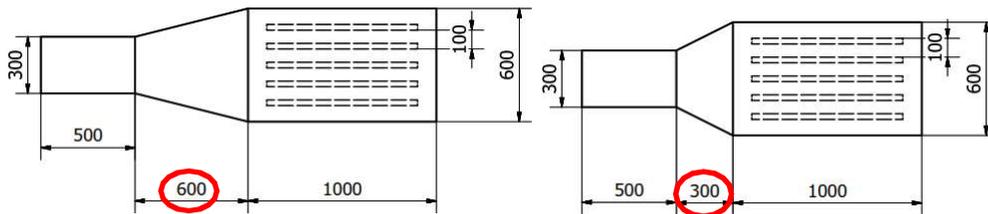
Gambar 6 menunjukkan perubahan distribusi temperatur pada saat udara melewati rak pengering. Temperatur semula yang ditunjukkan pada warna merah memiliki temperatur tertinggi yaitu 323 K atau 50°C. Temperatur pada rak pengering ditunjukkan dengan warna orange yang memiliki nilai temperatur sekitar 307 K – 318 K atau 34°C – 45°C. Sedangkan temperatur udara keluar ditunjukkan dengan warna kuning yaitu sekitar 315 K atau 42°C.

Simulasi menunjukkan hasil yang cukup baik dengan aliran yang merata di setiap bagian rak pengering. Akan tetapi terdapat kekurangan dalam model ruang pengering ini yaitu terjadinya pusaran pada aliran yang dapat mengganggu aliran udara seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



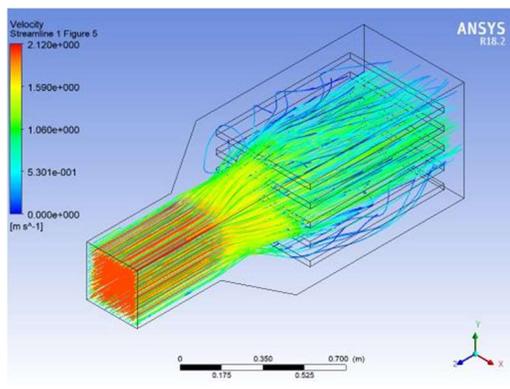
Gambar 7. Pusaran pada aliran di dalam pengering

Lingkaran berwarna merah pada Gambar 7 menunjukkan pusaran yang terjadi di dalam ruang pengering. Hal ini menyebabkan aliran udara terganggu dan distribusi panas yang tidak merata pada pusaran tersebut. Jarak antara rak dengan *ducting* yang terlalu jauh ditengarai menjadi penyebab terjadinya pusaran. Maka dari itu dilakukan penyesuaian model ruang pengering dengan cara mengurangi panjang *diffuser*. Perubahan dimensi ruang pengering dilakukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

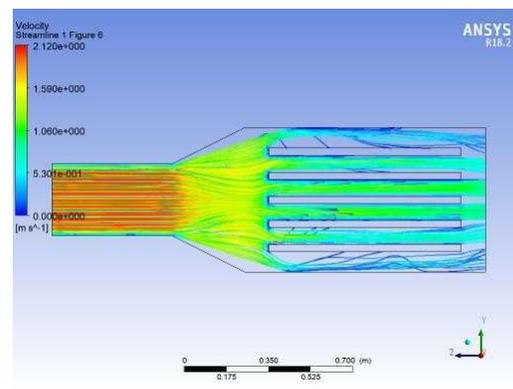


Gambar 8. Penyesuaian dimensi ukuran *diffuser* pada model simulasi ruang pengering (mm)

Lingkaran merah pada Gambar 8 menunjukkan pengurangan ukuran dari *diffuser*. Panjang *diffuser* dikurangi dari 600 mm menjadi 300 mm. pengurangan ini dimaksudkan untuk menghilangkan adanya pusaran yang terjadi pada *diffuser*. Hasil dari simulasi ulang dengan konfigurasi ANSYS yang sama ditunjukkan pada Gambar 9 dan 10.

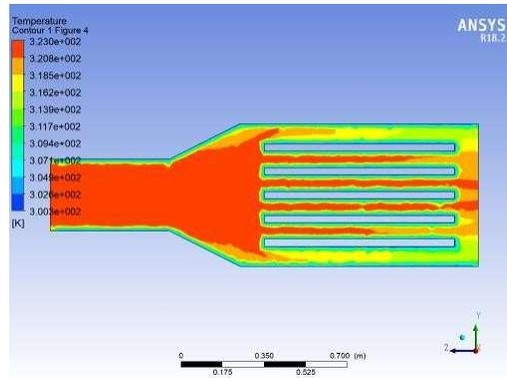


Gambar 9. Distribusi aliran udara (isometris)



Gambar 10. Distribusi aliran udara (samping)

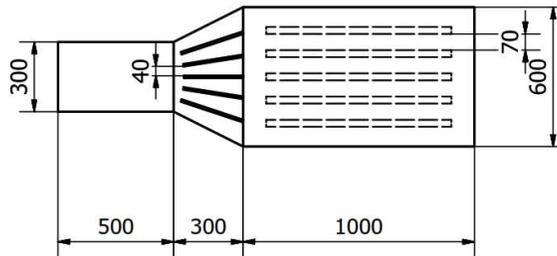
Simulasi ulang menunjukkan aliran udara yang merata pada bagian atas dan bawah ruang pengering. Aliran udara paling cepat ada pada bagian rak tengah dengan kecepatan kurang lebih 1 m/s. Simulasi ulang juga dilakukan untuk mengetahui distribusi temperatur yang terjadi di dalam ruang pengering.



Gambar 11. Simulasi ulang distribusi temperatur pada ruang pengering

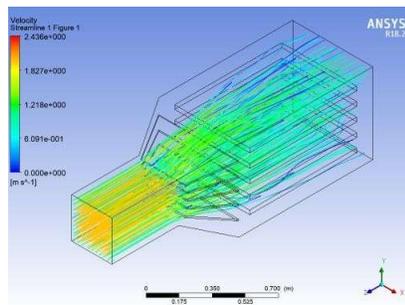
Gambar 11 memperlihatkan distribusi temperatur yang cukup merata. Temperatur tertinggi terdapat di bagian tengah dengan temperatur mendekati 323 K atau 50°C. Rak paling atas dan paling bawah lebih rendah temperaturnya. Hal ini terjadi karena aliran paling besar terdapat pada bagian tengah ruang pengering.

Upaya untuk menyetarakan aliran pada setiap rak di ruang pengering dilakukan. Dibuat sekat pada difusser untuk membagi aliran. Tujuannya agar aliran udara sama rata di tiap rak. Bentuk sekat pada difusser ditunjukkan pada Gambar 12.

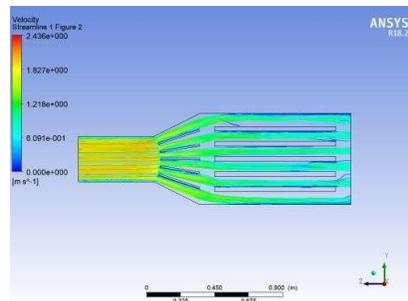


Gambar 12. Model ruang pengering dengan penyekat

Gambar 12 menunjukkan model ruang pengering dengan 5 penyekat yang berfungsi mengarahkan udara ke masing – masing rak pengering. Simulasi dilakukan menggunakan konfigurasi yang sama dengan model sebelumnya. Kecepatan udara masuk diatur sebesar 2 m/s. Temperatur udara masuk adalah sebesar 50°C.

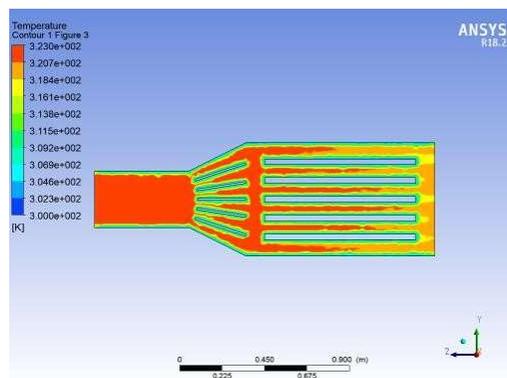


Gambar 13. Simulasi aliran udara model ruang pengering berpenyekat (tampak isometris)



Gambar 14. Simulasi aliran udara model ruang pengering berpenyekat (tampak samping)

Gambar 13 dan 14 menunjukkan distribusi aliran udara di masing – masing rak. Distribusi aliran cukup merata di tiap rak. Kecepatan udara maksimum terjadi di awal *inlet* mendekati 2 m/s. Kecepatan udara menunjukkan penurunan ketika udara melewati *diffuser* dan penyekat. Kecepatan udara pada tiap rak berkisar 1 - 1,2 m/s. Aliran udara relatif laminar dan tidak menunjukkan gejala.



Gambar 15. Distribusi temperatur pada model ruang pengering berpenyekat

Simulasi dilakukan dengan konfigurasi yang sama dengan model simulasi sebelumnya. Temperatur udara awal sebesar 323 K atau 50°C. Distribusi temperatur udara pada masing – masing rak relatif merata dengan temperatur berkisar 318 – 323 K atau 45 – 50°C. Hasil simulasi menunjukkan distribusi temperatur yang lebih merata bila dibandingkan dengan model sebelumnya yang tanpa peyekat meskipun distribusi temperatur lebih dominan ditunjukkan pada rak bagian tengah.

SIMPULAN

Hasil dari penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Kecepatan udara maksimum yaitu 2 m/s yang terjadi ketika udara mulai memasuki ruang pengering/*inlet*. Sedangkan pada outlet kecepatan udara mengalami penurunan menjadi 0,6 m/s
2. Pengurangan panjang difuser menjadi 300 mm dan penambahan penyekat dapat membuat aliran udara mengalir lebih merata ke tiap rak pengering.
3. Hasil model akhir menunjukkan kecepatan udara pada tiap rak berkisar 1 – 1,2 m/s dan temperatur pada tiap rak berada pada kisaran 318 – 323 K atau 45 – 50°C.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Kindi, H., Purwanto, Y. A., & Wulandani, D. 2015. *Distibtuion Analysis Hot Air Flow of Rack Type Dryer With EnergySource From Exhaust Gas Using Computational Fluid Dynamics (CFD)*. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 3, 9–16.
- Djaeni, M., & Sari, A. 2015. *Low Temperature Seaweed Drying Using Dehumidified Air*. *Procedia Environmental Sciences* 23: 2–10.
- Putra, R. N., & Ajiwiguna, T. A. 2017. *Influence of Air Temperature and Velocity for Drying Process*. *Procedia Engineering*: 516–519.
- Sekyere, C. K. K., Forson, F. K., & Adam, F. W. 2016. *Experimental Investigation of The Drying Characteristics of A Mixed Mode Natural Convection Solar Crop Dryer With Back Up Heater*. *Renewable Energy*: 532–542.
- Sukamta, Thoharudin, Nugroho, D. M., 2018. *Simulasi CFD Aliran Stratified Air-Udara pada Pipa Horisontal*. *Semesta Teknika*, Vol. 21, No. 2: 206-215.
- Trisnawati, W., Suter, K., Suastika, K., & Putra, N. K. 2014. *Pengaruh Metode Pengeringan Terhadap KandunganAntioksidan ,Serat Pangan dan Komposisi Gizi Tepung Labu Kuning* 3(4): 135–14.
- Ndeo, Y. P., Koehuan, V. A., & Bunnganaen, W. 2021. *Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD) Rumah Pengering Kopi Menggunakan Plastik UltraViolet (UV) Solar Dryer*. *Jurnal Teknik Mesin* 8(1): 11-20.
- Fathurrahman, Syahrul, Nurchayati, Mirmanto, Sukmawaty, & Priyati, A. 2017. *Pengaruh Temperatur dan Kecepatan Udara Terhadap Laju Pengeringan Jagung Pada Alat Fluidized Bed Dryer*. *SNMI XI*: 272-278.
- Misha, S., M. Sohif, H.R. Mohd, S. Kamaruzzaman, Elias S. 2013. *The Prediction of Drying Uniformity in Tray Dryer System using CFD Simulation*. *International Journal of Machine Learning and Computing* 3(5): 419-423.
- Versteeg, H.K., W. Malalasekera. 1995. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics The Finite Volume Method*. Longman Sc & Technical. Malaysia.