

ANALISA PENGARUH KONFIGURASI KOMPONEN PENGARAH ALIRAN PADA RUANG PENGERING MENGUNAKAN SIMULASI CFD

Hilwah Nur Islamiyanti^{1*}, Iwan Setyawan²

Universitas Gunadarma

Jl. Margonda Raya No.100, Beji, Depok

*E-mail: Hwhnrism@gmail.com

Abstrak

Metode pengeringan telah banyak dikembangkan hingga saat ini dan salah satunya adalah metode dehumidifikasi. Penggunaan metode dehumidifikasi menyebabkan penurunan kandungan air pada spesimen, sehingga menurunkan kelembaban relative pada ruang pengering dan dapat mempercepat terjadinya proses pengeringan. Faktor lain juga dapat mempengaruhi proses pengeringan, seperti: temperatur, aliran udara, dan tekanan. Tujuan penelitian ini untuk mengkaji lebih lanjut pengaruh konfigurasi komponen pengarah aliran terhadap parameter laju aliran, temperatur dan tekanan diruang pengering, khususnya pada tempat spesimen (TS1,TS2 dan TS3). Penelitian ini menggunakan model simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan software ANSYS 19.0. Variasi komponen pengarah yang digunakan adalah round-60° staggered, 45° staggered dan square arrangement, dengan input nilai velocity 3.5 m/s. Hasil simulasi pada kondisi 2 dengan tipe round-60° staggered dan nilai open area 17.19%; dimana ditunjukkan dengan pengambilan sampel di titik (x,z) pada TS1, TS2 dan TS3 untuk nilai velocity sebesar : 3.195m/s, 2.21m/s dan 3.392m/s; Nilai Perssure sebesar 2.241Pa, 1.569Pa,dan 0.639Pa; Nilai Temperature sebesar 35.6°C, 35.4°C dan 35.1°C; dapat disimpulkan bahwa pada kondisi 2 memiliki pendistribusian aliran udara dan suhu lebih stabil dan merata, serta menghasilkan penurunan tekanan yang signifikan pada ruang pengering.

Kata kunci: ANSYS, Computational Fluid Dynamics (CFD), Pressure, Temperature, Velocity

PENDAHULUAN

Proses pengeringan merupakan salah satu metode pengawetan alami dengan menghilangkan kandungan air pada produk basah dengan bantuan energi panas. Kegiatan ini dapat menentukan kualitas produk agar lebih tahan lama, ringan dan memudahkan proses penyimpanan tanpa mengurangi kualitasnya; dan hingga saat ini pengembangan dalam metode pengeringan telah banyak dilakukan, salah satunya adalah dehumidifikasi [1,2,3].

Pada metode dehumidifikasi, terjadinya perpindahan kandungan air pada produk menyebabkan udara yang berperan sebagai media pengering memiliki kelembaban relatif yang rendah sehingga dapat mempermudah proses pengeringan [1].

Penelitian terkait proses pengeringan telah banyak dilakukan; diantaranya adalah pengujian eksperimental penyusutan temulawak pada ruang pengering menggunakan metode dehumidifikasi [4]. Pada prosesnya, terdapat aliran turbulen yang akan masuk kedalam ruang pengering, sehingga dilakukan penambahan komponen pengarah aliran agar saat udara masuk keruang

pengering aliran udara akan berubah menjadi laminar. Hasil pengujian eksperimental pada penelitian [6] menunjukkan bahwa pengeringan dengan suhu dan kelembaban rendah tidak akan mengalami persentase penyusutan, yang besar pada awal pengeringan.

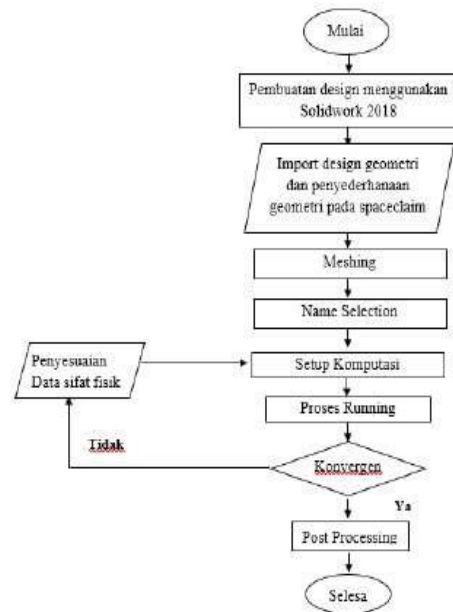
Pada penelitian lain yang telah dilakukan adalah terkait simulasi pelat berlubang, dimana membahas tentang Analisa Design dari Fluida yang mengalir melalui perforated plate [5]. Simulasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh parameter bilangan Reynolds, ketebalan pelat,pola penyebaran lubang dan porositas pelat dapat mempengaruhi penurunan tekanan fluida. Dari proses simulasi ini dihasilkan bahwa parameter yang paling efektif terhadap penurunan tekanan adalah porositas, ketebalan pelat; Sedangkan pengaruh pola penyebaran lubang dan bilangan Reynolds tidak terlalu signifikan terhadap penurunan tekanan [5]. Kemudian terdapat penelitian lain yang menganalisis tentang karakteristik laju aliran fluida di mesin pengering dengan menambahkan variasi pada nilai kecepatan, tekanan dan suhu yang menggunakan model Simulasi Computation Fluid Dynamic (CFD). Dari proses simulasi

dihasilkan kontur yang rata pada ruang pengering pada varian suhu 45°C [6].

Penambahan komponen pengarah pada penelitian sebelumnya [4] menjadi dasar untuk mengkaji lebih lanjut pengaruh variasi tipe design komponen pengarah terhadap laju aliran, tekanan dan temperatur pada tempat spesimen (TS 1, TS 2 dan TS 3) di ruang pengering. Pada penelitian ini akan digunakan variasi komponen pengarah dengan tipe round-60° staggered, 45° staggered dan square arrangement [5] dan input velocity sebesar 3,5m/s [7]. Model Computational Fluid Dynamics (CFD) digunakan dalam penelitian ini untuk memudahkan peneliti mengetahui distribusi kecepatan dan tekanan pada proses pengeringan tanpa harus melakukan percobaan, serta dapat meminimalisir kerugian yang terjadi akibat kesalahan atau error pada saat proses penelitian [8].

METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan metode simulasi dengan model penelitian Computer Fluid Dynamic (CFD) serta digunakan software ANSYS Fluent versi 19.0 sebagai perangkat Analisa hasil simulasi [9]. Proses simulasi dimulai dengan melakukan pembuatan design menggunakan software solidworks dan spaceclaim. Data input didapat dari penelitian sebelumnya [6,7]. Proses pendefinisian geometri dan penyederhanaan design dilakukan untuk mempermudah simulasi. Tahap selanjutnya adalah proses meshing, dimana pada proses ini dilakukan pemberian ukuran mesh dan *name slection*. Tahap selanjutnya, adalah proses *setup komputasi*. Pada proses *setup* komputasi pemberian nilai-nilai batas sangat penting dan harus diperhatikan, agar tidak terjadi eror pada hasil simulasi. Selanjutnya adalah Tahap *Solution*; dimana pada tahap solution terdapat proses *run calculation* yang berguna untuk melihat hasil simulasi, apabila hasil simulasi konvergen maka tahap terakhir adalah tahap *post-processing*.



Gambar 1. Diagram Alir Proses

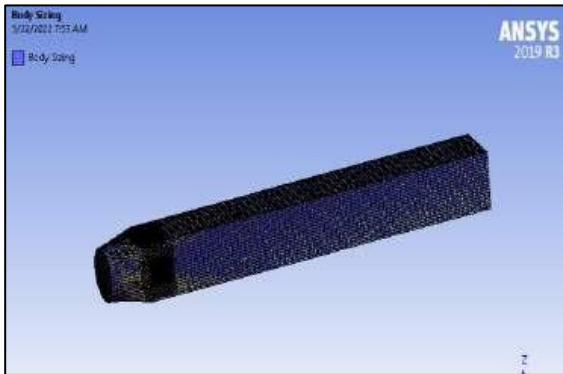
Tahapan Penelitian

Beberapa tahapan yang dilakukan, pada proses simulasi, yaitu: *Pre processing*, *processing*, serta *post-processing* [6,8].

1. Pre-Processing

Tahap *Pre-Processing* dilakukan beberapa proses, seperti: penyesuaian geometri dan name selection pada design komponen diruang pengering, serta proses *meshing*.

- **Penyesuaian Geometri**
Pada proses ini digunakan software solidwork yang kemudian akan disesuaikan dengan software spaceclaim yang terintegrasi dengan ANSYS 19.0. Pada *space claim* dilakukan penyederhanaan design komponen untuk mempermudah proses simulasi.
- **Meshing**
Pembuatan *mesh* adalah proses yang membagi volum menjadi bagian-bagian kecil untuk dianalisa pada ANSYS 19.0. Bentuk dan ukuran *mesh* pada suatu obyek akan mempengaruhi daya komputasi saat melakukan analisis CFD. Semakin kecil ukuran mesh, maka hasil akan semakin teliti, tetapi prosesnya akan membutuhkan daya komputasi yang besar [10].



Gambar 2. Proses Meshing Body Ruang Pengering pada software ANSYS

$$\Delta P = k \left(\frac{\rho v^2}{2} \right) \dots\dots\dots(1)$$

$$\Delta p = - \left(\frac{\mu}{\alpha} v + C_2 \frac{1}{2} \rho v^2 \right) \Delta x \dots\dots\dots(2)$$

Dimana [12]:

C_2 = porous Pressure jump coefficient (1/m)

v = kecepatan udara (m/s)

α = porous face permeability (m²)

μ = air density (Pa)

Δx = thickness of a porous zone (m)

2. Processing

Tahap Processing memiliki peran penting dalam proses simulasi, salah satu yang termasuk tahap processing adalah *menentukan models; materials; boundary conditions, solution methods, dan run calculation* [10].

– Boundary Conditions

Pada tahap boundary condition diberikan input nilai sebagai parameter batas pada aliran fluida yang ada. Beberapa input pada boundary condition, seperti : memberikan nilai kecepatan pada *Inlet-Outlet, Fan / Kipas* diruang pengering dan komponen pengarah aliran [10]. Untuk menginput nilai pada pengarah aliran diperlukan perhitungan persentase open area, dengan rumus [11].

Keterangan:

f = Pesentase area yang terbuka terhadap total area (%)

D = diameter lingkaran (m)

C = center spacing (m)

k = resistance coefficient

Setelah mengetahui persentase open area pada komponen pengarah, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai porous face permeability (α) yang akan dimasukkan disimulasi ANSYS 19.0, dengan rumus [12].

Penerapan batas komponen fan berdasarkan Ansys Manual Guide untuk Fan Boundary Condition [13]. Grafik pressure-air flow dikonversi menjadi grafik pressure-velocity untuk mendapatkan nilai persamaan garis yang kemudian akan diinput kedalam program ANSYS [13]. Penerapan batas pada komponen pengarah aliran, dilakukan perhitungan dengan persamaan (3) dan (4).

- Solution Methods dan Solution Initialization Pada tahap Solution Methods menggunakan skema SIMPLEC dan skewness correction adalah 1. Penggunaan skema SIMPLEC untuk aliran sederhana yang difokuskan pada coupling parameter tekanan - kecepatan sehingga menghasilkan solusi cepat dan konvergen. Solution Initialization menggunakan tipe Hybrid initialization.[10]

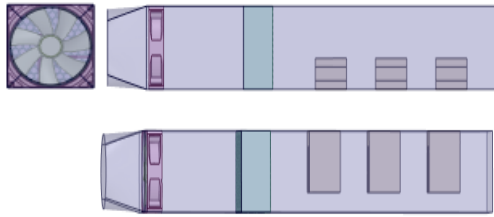
- Run Calculation Pada tahap ini, proses iterasi dilakukan untuk mencapai nilai konvergensi. Nilai iterasi yang digunakan agar mencapai tahap konvergensi adalah 150.[10]

3. Post-Processing

Tahap Post – Processing merupakan tahap akhir, dimana akan ditampilkan hasil pengolahan data yang meliputi distribusi kecepatan, tekanan dan temperatur; Pada penelitian ini digunakan visualisasi aliran dengan tampilan *contour* [6,10].

Skenario Penelitian

Pada penelitian ini input nilai velocity pada inlet sebesar 3.5m/s, udara bertekanan yang masuk ruang pengering dari inlet kemudian diteruskan oleh *fan* yang selanjutnya melewati komponen pengarah. Komponen pengarah yang digunakan adalah tipe *Round– 60° Staggered, Round–45° Staggered* dan *Round–Square Arrangement* yang berdiameter 9.25mm [6]. Setelah melewati komponen pengarah aliran fluida akan didistribusikan pada tempat spesimen (TS1, TS2 dan TS3).



Gambar 3. Alat Pengeringan [6]

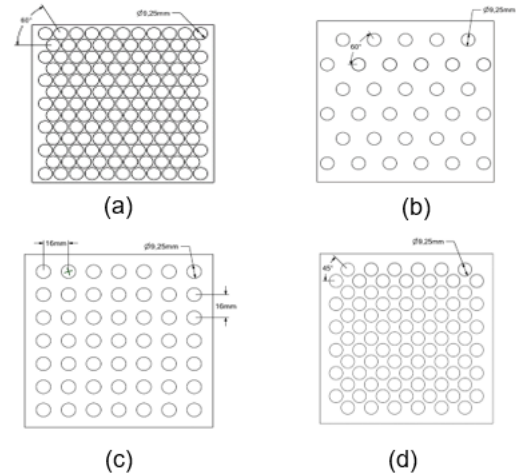
Tabel skenario penelitian dari beberapa data penelitian sebelumnya sebagai perbandingan pada proses simulasi:

Tabel 1. Skenario Penelitian

Kondisi	Shape	F (%)	C ₂	v (m/s)	T (°C)
Kondisi 1	Round- 60° Staggered	73.86	11.61		
Kondisi 2	Round- 60° Staggered	17.18	998.81		
Kondisi 3	Round - Square Arrangement	26.24	362.57	3.5	35.5
Kondisi 4	Round- 45° Staggered	50.82	55.153		

Berdasarkan tabel 1 diatas, kondisi 1 dan 2 memiliki tipe komponen pengarah yang sama yaitu *round-60°steggered*, namun memiliki perbedaan pada nilai persentase *open area*. Dimana pada kondisi 1 nilai *open area* sebesar 73.86%, hal ini disebabkan karena jarak antar holes yang berdekatan sehingga jumlah holes menjadi lebih banyak dibandingkan pada kondisi 2.

Setelah melakukan perhitungan nilai persentase area yang terbuka terhadap total area komponen pengarah, maka akan didapatkan pula nilai *porous Pressure jump coefficient* sebesar 11.61, nilai ini yang nantinya akan di input pada ANSYS 19.0



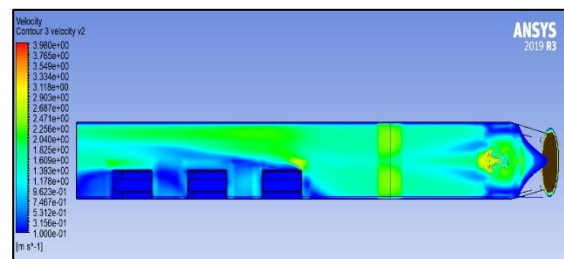
Gambar 4. Komponen Pengarah (a), (b) *Round – 60° staggered* (c) *Round – Square Arrangement* (d) *Round – 45°staggered*

HASIL DAN PEMBAHASAN

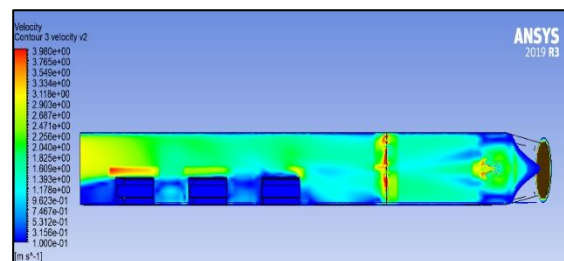
Hasil simulasi berdasarkan pada tiga parameter, yaitu velocity, pressure dan temperature; dengan empat kondisi komponen pengarah, yaitu *Round – 60° Staggered*, *Round –45° Staggered*, *Round – Square Arrangement* [14,15].

Hasil

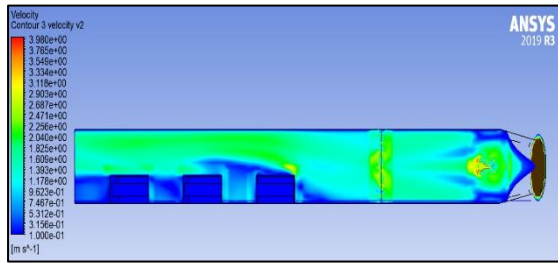
Hasil simulasi ditinjau dari parameter profil laju aliran dengan variasi komponen pengarah ditunjukkan pada gambar sebagai berikut.



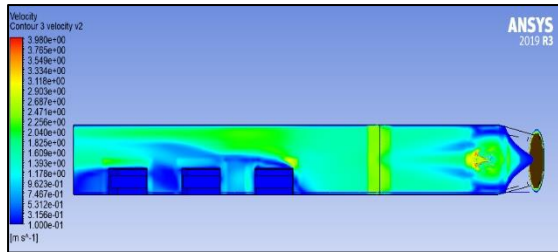
(a)



(b)



(c)



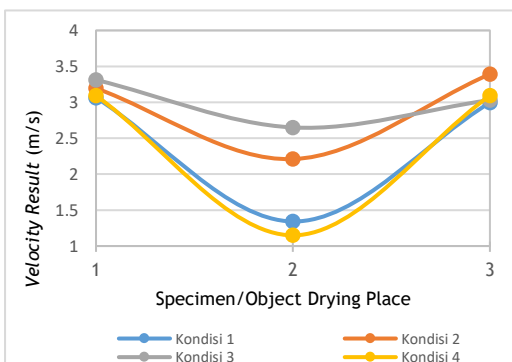
(d)

Gambar 5. Velocity Contour pada Komponen Pengarah (a),(b) Round – 60° staggered (c) Round – Square Arrangement (d) Round – 45° staggered

Gambar 5. menunjukkan perbandingan dari parameter laju aliran di ruang pengering pada masing-masing kondisi dengan tipe komponen pengarah yang berbeda.

Table 2. Nilai Velocity Pada Tempat Spesimen (TS)

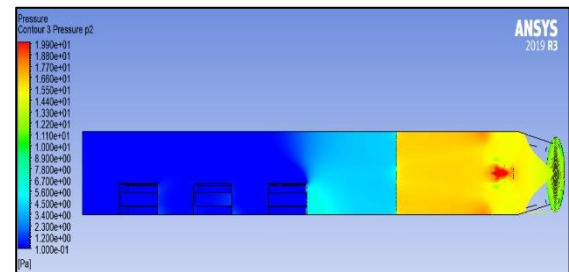
Skenario	V ₁ (m/s)	V ₂ (m/s)	V ₃ (m/s)
Kondisi 1	3.064	1.342	2.995
Kondisi 2	3.195	2.21	3.392
Kondisi 3	3.312	2.650	3.031
Kondisi 4	3.093	1.149	3.093



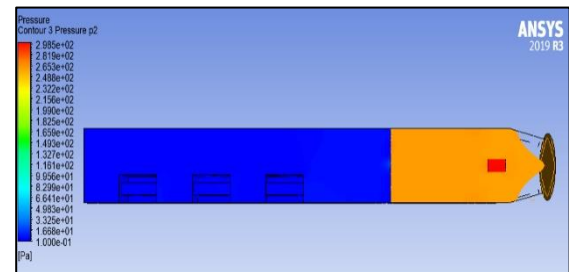
Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai Kecepatan dan Tempat Specimen(TS)

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 6, pengambilan sampel nilai velocity dilakukan pada masing-masing tempat meletakkan specimen (TS). Pengambilan sampel titik x,z akan didapatkan nilai velocity, pressure dan temperature. Pada setiap variasi kecepatan di titik x,z nilai velocity pada tempat specimen kedua selalu mengalami penurunan, dikarenakan jarak antar TS1 dan TS 2 yang terlalu dekat, sehingga terdapat aliran udara dari komponen pengarah aliran diteruskan langsung ke tempat spesimen tiga (TS 3) daripada menuju celah antar TS 1 dan TS 2.

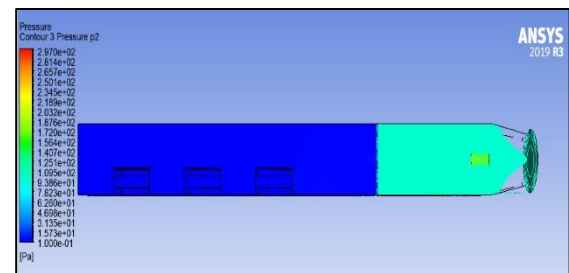
Selanjutnya parameter tekanan, dimana ditunjukkan pada gambar 7. pengaruh perbedaan tipe komponen pengarah terhadap perubahan tekanan di ruang pengering. berikut hasil simulasi yang telah dilakukan [16,17,18]:



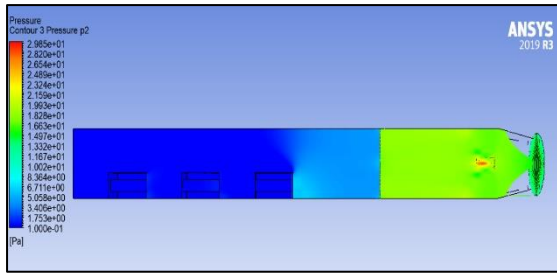
(a)



(b)



(c)



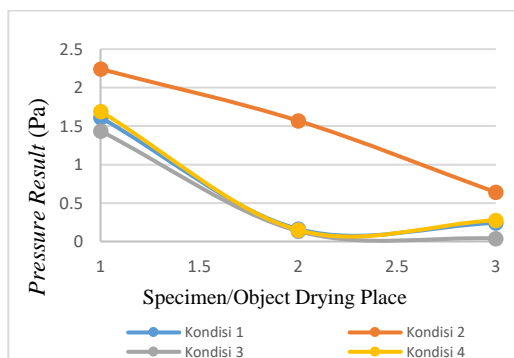
(d)

Gambar 7. Pressure Contour pada Komponen Pengarah (a), (b) *Round – 60° staggered* (c) *Round–Square Arrangement* (d) *Round – 45° staggered*

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 7 ditunjukkan bahwa kondisi 2 mempunyai penurunan tekanan yang lebih besar dibandingkan dengan kondisi lain.

Tabel 3. Nilai Tekanan Pada Tempat Spesimen (TS)

V_0 (m/s)	P_1 (Pa)	P_2 (Pa)	P_3 (Pa)
Kondisi 1	1.611	0.163	0.241
Kondisi 2	2.241	1.569	0.639
Kondisi 3	1.436	0.135	0.039
Kondisi 4	1.690	0.150	0.276

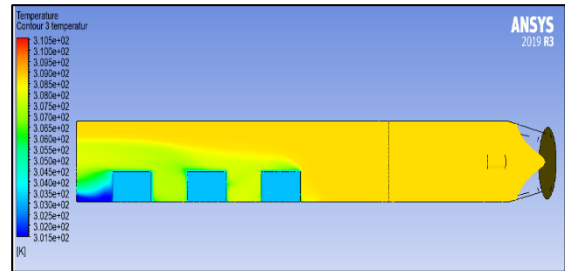


Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai Tekanan dan Tempat Specimen(TS)

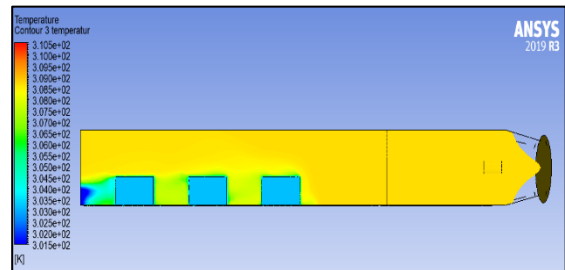
Dari Tabel 3 dan Grafik 8 menunjukkan perbandingan parameter tekanan antar tempat spesimen; dimana TS 1 memiliki nilai tekanan yang lebih besar daripada TS 2 dan TS 3. Pada variasi komponen pengarah tipe *round-60°staggered*. Udara tekan mengalami penurunan saat berada di tempat spesimen

kedua (TS2), gesekan antara tempat spesimen dengan udara yang bergerak juga menjadi faktor penurunan tekanan.

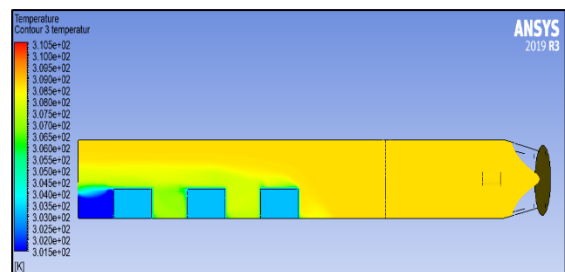
Kemudian parameter temperature, dimana ditunjukkan pada gambar 9. pengaruh perbedaan tipe komponen pengarah terhadap perubahan temperature di ruang pengering, berikut hasil simulasi yang telah dilakukan [16,19]



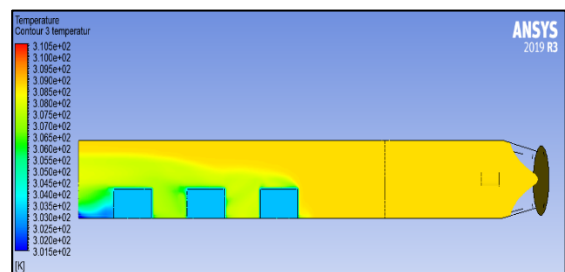
(a)



(b)



(c)



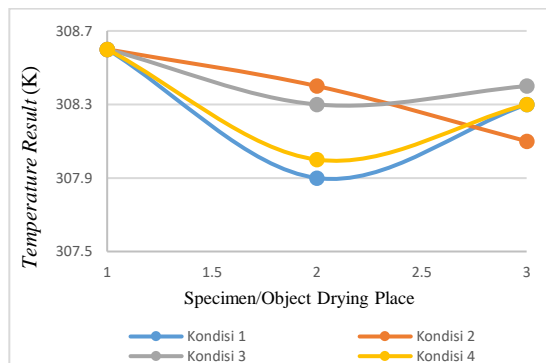
(d)

Gambar 9. Temperature Contour pada Komponen Pengarah (a), (b) *Round – 60° staggered* (c) *Round – Square Arrangement* (d) *Round – 45° staggered*

Dari hasil simulasi profil suhu pada Gambar 9 terlihat bahwa variasi komponen pengarah tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perubahan suhu. Namun, untuk pendistribusian suhu yang merata ditunjukkan pada gambar 2b (kondisi 2), dimana penyebaran suhu lebih stabil dibandingkan dengan kondisi yang lain

Tabel 4. Temperatur Pada Tempat Spesimen (TS)

Kondisi	T ₁ (K)	T ₂ (K)	T ₃ (K)
Kondisi 1	308.6	307.9	308.3
Kondisi 2	308.6	308.4	308.1
Kondisi 3	308.6	308.3	308.4
Kondisi 4	308.6	308	308.3



Gambar 10. Grafik Perbandingan Nilai

Berdasarkan pada Tabel 4 dan Grafik 10 Perbandingan Nilai Temperature dan Tempat Spesimen (TS), dimana temperature pada masing-masing kondisi tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Nilai temperature berubah alami berkisar pada nilai input temperatur awal. Sementara, pada grafik rata-rata nilai temperatur mengalami penurunan saat mencapai tempat spesimen 2 (TS2).

PEMBAHASAN

Profil laju aliran pada gambar 4 menunjukkan perbandingan aliran udara sebelum dan sesudah melewati komponen pengarah. Pada kondisi 1 dan 2 memiliki tipe komponen pengarah yang sama yaitu round – 60o staggered, namun memiliki perbedaan nilai open area. Persentase openarea pada kondisi 1 adalah 73.86% dan pada kondisi 2 adalah 17.19%. Perbedaan persentase open area tersebut berpengaruh pada perubahan dan pergerakan laju aliran fluida yang melewati komponen pengarah,

Pengambilan sampel pada tempat

spesimen (TS1, TS2 dan TS3) yang ditunjukkan pada tabel 3 adalah untuk mengetahui perubahan laju aliran yang terjadi pada ruang pengering. Sampel tempat spesimen pada kondisi 1 menunjukkan nilai velocity sebesar 3.064m/s, 1.342m/s dan 2.995m/s sementara pada kondisi 2 adalah 3.195m/s, 2.21m/s dan 3.392m/s. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai open area, maka penurunan velocity semakin besar dan nilai velocity semakin kecil. Sementara pada kondisi 3 dan 4 diterapkan tipe komponen pengarah yang berbeda. Pada kondisi 3 tipe komponen pengarah adalah round – square arrangement dan kondisi 4 adalah round- 45o staggered. Perbandingan persentase open area pada kondisi 3 dan 4 adalah 26,24% dan 50.82%. untuk pengambilan sampel velocity di tempat spesimen (TS 1, TS2 dan TS3) pada kondisi 1 sebesar 3.312m/s, 2.650m/s dan 3.031m/s; dan pada kondisi 3 adalah 3.093m/s, 1.149m/s dan 3.093/s.

Dari keempat kondisi selalu ditunjukkan Penurunan nilai laju aliran pada TS 2, hal ini disebabkan adanya ketidakseimbangan jarak antar tempat benda uji dan komponen lainnya sehingga timbul celah dan mengakibatkan distribusi udara tidak dapat mencapai celah tersebut dan juga dapat menyebabkan udara bergerak tidak teratur di ruang pengering. Semakin besar kecepatan input yang diberikan maka akan mempengaruhi laju aliran udara pada ruang pengering.

Profil tekanan pada gambar 5 menunjukkan penurunan tekanan dari masing-masing kondisi. Pada kondisi 1 dan 2, perbandingan open area menunjukkan bahwa, kondisi 2 memiliki penurunan tekanan yang signifikan karna persentase open area yang kecil yaitu 17.19%, sehingga terjadi perubahan udara tekan yang dialirkan dari fan menuju Tempat Spesimen (TS1, TS2 dan TS3) melewati komponen pengarah. Pengambilan sampel pada kondisi 2 ditempat spesimen (TS1, TS2 dan TS3) untuk parameter tekanan adalah 1.611 Pa, 0,163 Pa dan 0,241 Pa. Sedangkan pada kondisi 1 sebesar 2.241 Pa, 1.569Pa dan 0.639 Pa.

Parameter tekanan pada kondisi 3 dan kondisi 4, ditunjukkan pada pengambilan sampel ditempat spesimen (TS1, TS2 dan TS 3) sebesar 1.436Pa, 0.135Pa dan 0.039Pa; dan pada kondisi 4 sebesar 1.690Pa, 0.150Pa dan 0.036Pa.

Penurunan tekanan sangat dipengaruhi oleh persentase open area pada komponen pengarah, dimana persentase open area menunjukkan banyaknya holes yang ada. Sehingga semakin kecil persentase open area

maka semakin sedikit pula holes. Kecepatan juga mempengaruhi penurunan tekanan, dengan semakin besar kecepatan yang diberikan maka tekanan akan semakin kecil. Tekanan yang rendah dapat 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.

Kemudian pada profil temperatur tidak terjadi kenaikan atau penurunan nilai temperatur yang signifikan pada setiap variasi komponen pengarah. Nilai temperatur berubah secara alami mulai dari input nilai awal yang diberikan; dengan nilai input temperature sebesar 35.5°C; Gambar 7 menunjukkan perbandingan pada distribusi suhu setiap kondisi, dimana distribusi suhu lebih merata pada kondisi 2. Pengambilan sampel nilai untuk parameter suhu pada tempat spesimen (TS 1, TS2 dan TS 3) pada kondisi 2 sebesar 35.6°C, 35.3°C dan 35,4°C.

PENUTUP

Dari kajian penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa faktor-faktor yang berpengaruh dalam terjadinya proses pengeringan (kecepatan, tekanan dan temperatur) menunjukkan hasil simulasi pada parameter tekanan, dimana nilai persentase *open area* pada komponen pengarah dapat mempengaruhi penurunan tekanan yang signifikan pada ruang pengering. Penurunan tekanan yang besar terjadi pada kondisi 2 dengan persentase *open area* sebesar 17.19%; dimana jumlah holes yang ada lebih sedikit dibandingkan dengan kondisi yang lain. Penurunan tekanan yang besar menyebabkan nilai *tekanan* menjadi kecil setelah melewati komponen pengarah sehingga kelembaban relatif ruang pengering menjadi rendah dan proses pengeringan dapat lebih mudah dilakukan. Sementara pada parameter kecepatan, kondisi 2 juga menunjukkan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan kondisi yang lain, ditunjukkan dengan distribusi kecepatan yang lebih merata dan stabil. Dan untuk parameter temperature, kondisi 2 juga memiliki hasil simulasi yang lebih baik dalam pendistribusian suhu dibandingkan dengan kondisi yang lain.

Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan perbandingan pada pengaruh diameter holes yang ada pada komponen pengarah. Dan juga perlu dilakukan penyesuaian design ruang pengering dengan melakukan pengukuran jarak yang lebih detail terhadap komponen-komponen yang ada di ruang pengering agar tidak terlalu berdekatan

dan menyebabkan aliran udara menjadi tidak teratur.

Saran lain, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan pengaruh variasi waktu terhadap laju aliran, suhu dan tekanan serta perlunya pengujian eksperimental.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Asiah, M. Djaeni. Konsep Dasar Pengeringan Pangan. Kepanjen, Malang : AE Publishing. Vi + 63 halaman. Agustus, 2021
- [2] Djaeni, M., et al. "Evaluation of food drying with air dehumidification system: a short review.", IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 102. 2018. 012069
- [3] A.C Sanchez, L. Lipan, M.C Lamadrid, dkk. Comparison of Traditional and Novel Drying Techniques and Its Effect on Quality of Fruits, Vegetables and Aromatic Herbs. 2020
- [4] Putra, A.S., Kuncoro, H. "Pengaruh Kondisi Pengeringan Dengan Kelembaban Dan Suhu Rendah Terhadap Penyusutan Temulawak." Jurnal Teknologi Pertanian Andalas. Vol.25, No.1, Maret 2021, ISSN 1410 – 1920, EISSN 2579 – 4019.
- [5] Celik, N., et al. "Design Analysis of Fluid-Flow Through Perforated Plates," Thermal Science: 2018, vol. 22, No. 6B, pp. 3091 - 3098.
- [6] Rosyadi, I., dkk. "Analisa Laju Aliran Fluida Pada Mesin Pengering Konveyor Pneumatik Dengan Menggunakan Simulasi CFD." Flywheel : Jurnal Teknik Mesin Untirta, Vol. III, No. 2, Oktober 2017, hal. 48 – 51.
- [7] Ridwan, Islamiyanti. "Simulasi Pengaruh Laju Aliran Masuk Terhadap Distribusi Tekanan dan Suhu pada Ruang Pengering Menggunakan CFD.", Jurnal Teknologi dan Rekayasa, Vol. 28, No. 3. Desember 2023.
- [8] Saputra, D.D., dkk. "Kinerja Low Temperature Drying Dengan Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD). Prosiding Seminar Nasional Unimus. Volume 3, 2020. E-ISSN : 2654 -3168. P-ISSN : 2654 – 3257.
- [9] M. Syaiful, Hargono. Profil Suhu Pada proses Pengeringan Produk Pertanian dengan Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD). Reaktor, Vol. 12 No. 3, Juni 2009, Hal. 195 – 202.

- [10] C. Wiratama. Teori dan Best Practices Computational Fluid Dynamics (CFD). Yogyakarta. 2021
- [11] Applied Flow Technology. Calculate Pressure Drop Across Sharp-Edged Perforated Plates. 05 December 2022. [Online]: AFT. Available : <https://www.aft.com/support/product-tips/perforated-plates-pressure-drop> . [Accessed on 10 Desember 2022]
- [12] ANSYS. Porous Jump Boundary Condition. Januari. 2009. [Daring]: ANSYS. Available : <https://www.afs.enea.it/project/neptunius/docs/fluent/html/ug/node256.htm>. [Diakses : 08 Mei 2022]
- [13] ANSYS. Fan Boundary Conditions. Januari. 2009. [Online]: ANSYS. Available: <https://www.afs.enea.it/project/neptunius/docs/fluent/html/ug/node254.htm>. [Accessed on 08 Mei 2022.
- [14] Jhung, J.M., Jeong, K.H., "Free Vibration Analysis of Perforated Plate With Square Penetration Pattern Using Equivalent Material Properties.", Nucl Eng Technol 47, 2015. 500 – 511.
- [15] A. Khanlari, H. Guler, A.D Tuncer, dkk. Experimental and numerical study of the effect of integrating plus-shaped perforated baffles to solar air collector in drying application.2019.
- [16] M. S. Kamer., et al. " A Performance Analysis on Pressure Loss and Airflow Diffusion in a Chamber with Perforated V-Profile Diffuser Designed for Air Handling Units (AHUs). Journal of Applied fluid Mechanics,Vol. 11, No. 4, pp. 1089-1100, 2018.
- [17] O. Ram., et al. " On the Pressure Build up Behind an Array of perforated plates impinged by a normal schock wave." Experimental Thermal and Fluid Science 92. 2018. 211 – 221
- [18] Bayazit,Y., et al. "Perforated Plates for fluid management: Plate Geometry effects and Flow Regimes." International Journal of Thermal Science . 2014. 104 – 111
- [19] Tanner, P., et al. "Flow- Pressure drop characteristics of perforated plates.", International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow. Vol 29, No. 11, 2019. pp. 4310 – 4333.