

Simulasi *computational fluid dynamics (CFD) cabinet dryer* dengan sirip dan tanpa sirip

Simulation of *computational fluid dynamics (CFD) cabinet dryer* with fin and without fin

Agato^{1,*}, Kuswartini², Dominikus Sulistiono³

^{1,2,3}Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Pontianak

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Pontianak

Jl. Ahmad Yani no.1 Pontianak 78124, Indonesia

*Email: agato6830@gmail.com

Abstrak

Cabinet dryer merupakan mesin atau peralatan pengering yang sering digunakan karena sederhana penggunaannya, rendah biaya desain dan operasionalnya. Permodelan dan simulasi menjadi metode yang dapat digunakan untuk mengetahui unjuk kerja *cabinet dryer* sebelum dilakukan pembuatan prototipe *cabinet dryer*. Distribusi temperatur dan kecepatan aliran panas merupakan fokus permodelan dan simulasi *cabinet dryer*. Pada permodelan dan simulasi *cabinet dryer* ini didesain penggunaan sirip dan tanpa sirip pada saluran luaran aliran udara panas. Perancangan model dilakukan dengan program *inventor professional 2019* dan simulasi dengan program *Computational Fluid Dynamics (CFD) ultimate 2019*. Sumber panas pada *cabinet dryer* digunakan *heater/coil* dengan kondisi awal temperatur 140°C dan kecepatan udara yang dihembuskan melewati *heater/coil* 2 m/detik. Data diperoleh dengan simulasi pada 52,29 detik dengan iterasi 6853 untuk *cabinet dryer* bersirip dan 55,57 detik dengan iterasi 6815 untuk *cabinet dryer* kosong. Capaian rerata temperatur tertinggi terjadi pada *cabinet dryer* bersirip yaitu 40,5577°C. Distribusi temperatur untuk *cabinet dryer* kosong mendekati seragam dengan standard deviasi 0,2291 dan rerata kecepatan aliran panas arah sumbu y (vertikal) 24,4736 mm/detik. Pada *cabinet dryer* bersirip terdistribusi temperatur mendekati seragam dengan standard deviasi temperatur 0,8468 dan kecepatan aliran panas vertikal rerata 24,5625 mm/detik.

Kata kunci : *Cabinet dryer*, sirip, aliran panas, unjuk kerja

Abstract

Cabinet dryer is a machine or dryer equipment that is often used because of its simple use, low cost design and operation. Modeling and simulation becomes a method that can be used to know the performance of *cabinet dryer* before making a prototype *cabinet dryer*. The distribution of temperature and speed of heat flow was the focus of modeling and simulation of *cabinet dryer*. In modeling and simulation *cabinet dryer* was designed the use of fins and without fins in the outer channels of hot air flow. Model design was done with professional *inventor* program 2019 and simulation with *Computational Fluid Dynamics (CFD) ultimate 2019* program. The heat source on the *cabinet dryer* was used *heater/coil* with the initial temperature condition 140 °C and the air speed exhaled through the *heater/coil* 2 m/s. The data was obtained by simulation at 52.29 seconds with iteration 6853 for finned *cabinet dryer* and 55.57 seconds with 6815 iteration for empty *cabinet dryer*. The highest average temperature achieved in a finned *cabinet dryer* was 40.5577°C. The temperature distribution for empty *cabinet dryers* was close to uniform with a standard deviation of 0.2291 and an average heat flow speed of y-axis (vertical) direction of 24.4736 mm/s. On a distributed finned *cabinet dryer* the temperature was close to uniform with a standard deviation of temperature 0.8468 and an average vertical heat flow speed of 24.5625 mm/s.

Keywords: *Cabinet dryer*, fins, heat flow, performance.

1. PENDAHULUAN

Pengeringan merupakan proses menghilangkan sejumlah air dari bahan. Dalam pengeringan, air dihilangkan dengan prinsip perbedaan kelembaban antara udara pengering dengan bahan yang dikeringkan. Bahan yang dikeringkan kontak dengan udara kering yang kemudian terjadi perpindahan massa air dari bahan ke udara pengering dan perpindahan panas dari udara ke bahan secara simultan. Pada mekanisme pengendalian proses pengeringan bahan pangan bergantung pada struktur bahan beserta parameter pengeringan yaitu kadar air, dimensi produk, temperatur medium pemanas, berbagai laju perpindahan pada permukaan dan kesetimbangan kadar air. Pemilihan metode pengeringan perlu memperhatikan kerugian, kelebihan dan solusi teknologi yang mengarah pada efisiensi, biaya produksi dan kualitas produksi (Pragati and Preeti, 2016).

Menurut Pragati and Preeti (2016), metode pengeringan terbagi menjadi metode alami dan metode menggunakan mesin. Secara alami berarti langsung dikeringkan oleh sinar matahari tanpa gangguan gaya dari luar, sedangkan menggunakan mesin berarti ada bantuan gaya luar berupa mesin atau unit peralatan untuk mengatur sumber panas dalam proses pengeringan. Beberapa mesin atau unit pengering didesain untuk proses pengeringan berdasarkan kondisi atau jenis bahan dan kualitas produksi. Mesin atau unit pengeringan didesain untuk bahan yang tahan panas, tidak tahan panas maupun pengeringan pada kondisi dingin. Untuk mengoptimalkan kerja mesin pengering dan efisiensi biaya, perlu tahapan desain dan analisis desain sebelum membuat mesin pengeringan sesungguhnya. Kondisi tersebut diharapkan dapat mencegah produk error, yaitu mesin yang tidak dapat berproduksi dengan baik.

Cabinet dryer yang efektif dan efisien adalah *cabinet dryer* yang berkapasitas besar, mampu mengeringkan bahan dengan cepat, temperatur merata disetiap *tray*, terkontrol dengan baik dan penggunaan energi yang kecil. Penggunaan energi selalu linier dengan penggunaan peralatan kelistrikan dan sumber panas yang digunakan. Para peneliti mempelajari prototipe *cabinet dryer* dengan metode eksperimen maupun simulasi. Aliran udara panas yang mengalir terlalu cepat menyebabkan waktu kontak udara panas dan bahan menjadi singkat yang dapat memperlambat penguapan air. Untuk kecepatan aliran udara tetap 8,8 m/s, temperatur 75°C, penggunaan penghambat aliran udara dapat memperlambat kecepatan aliran udara panas sehingga temperatur meningkat dan distribusi temperatur dalam *cabinet dryer* menjadi lebih merata (Misha et al, 2013). Prototipe *cabinet dryer* yang digunakan berukuran besar, yaitu 2 m x 3 m x 1,7 m.

Kondisi yang sama dilakukan oleh Ghaffari et al (2015) pada *cabinet dryer* dengan sumber panas sinar matahari. Aliran udara konveksi bebas dari bawah *cabinet dryer* dapat diberi penghambat aliran udara konveksi bebas untuk membantu mengarahkan aliran dan memperlambat aliran udara konveksi bebas sehingga temperatur dalam *cabinet dryer* dapat meningkat dan terdistribusi lebih merata.

Pengaturan kecepatan udara dan temperatur perlu dilakukan untuk perancangan *cabinet dryer* ukuran besar. Hal tersebut dipengaruhi proses perpindahan panas, massa (*difusi*) dan keseimbangan energi yang terjadi dalam *cabinet dryer*. Precoppe et al (2015) merancang *cabinet dryer* berdimensi panjang 1,22 m, lebar 1,19 m dan tinggi 1,7 m dengan sumber panas berbahan gas yang dihembuskan dalam *cabinet dryer* yang memiliki 17 *tray*. Pengujian dilakukan dengan pengaturan temperatur 70°C selama 3 jam, 65°C selama 6 jam dan selanjutnya 60°C hingga eksperimen berakhir 18 jam. Setelah 15,52 ± 1,35 jam kadar air awal 87,02 ± 1,15 % menjadi 23,46 ± 0,46 % *wet basis*. *Cabinet dryer* ukuran kecil 70 mm × 530 mm × 940 mm dengan 3 *tray* mengeringkan biskuit 1000 g dengan kadar air 59,60% DB selama 50 menit. Menit kelima rerata temperatur *tray* 28,3°C dan menit ke-50 rerata temperatur 164°C. Hasil akhir pengeringan didapatkan biskuit 657 g dengan kadar air 4,86 % DB (Ajayeoba et al, 2014). Murathathunyaluk et al (2015) melakukan simulasi menggunakan *FLUENT* pada *cabinet dryer* bulat vertikal, 3 *tray* berputar dan tidak berputar untuk 2 input aliran pada setiap dinding *tray* kiri dan kanan. Simulasi dilakukan untuk kecepatan aliran 0,5 m/s dengan variasi *single* dan *double* input ditiap dinding *tray* serta variasi komposisi input dan posisi *tray* (berputar atau tidak). Dalam perancangan, biaya operasi menjadi hal yang diperhatikan, sehingga pemilihan *double* input dengan komposisi input produk panas pada bagian atas, tengah dan bawah *cabinet dryer*, yaitu 30%:30%:40% tanpa pergerakan rotasi *tray* menjadi pilihan. Menurut Jabeen et al (2015), ketebalan kentang 2,3 mm dan 3 mm dengan ukuran 3 cm x 4 cm untuk temperatur pengeringan 60-75°C tidak memberikan penurunan kadar air yang linier, tetapi secara umum semakin tebal kentang diperlukan waktu pengeringan yang lebih lama untuk temperatur yang sama. Pada pengujian 150 menit, terjadi penguapan 30 % air pada 30 menit pertama dan 70% pada 120 menit. Energi listrik diperlukan pada mesin pengering untuk peralatan listrik dan komponen kontrol. Kebutuhan energi listrik sangat tergantung pada jenis bahan yang dikeringkan dan kecepatan udara panas yang dialirkan (Goneli et al, 2016). Setiap bahan memiliki perbedaan dalam kemampuan dikeringkan, tetapi kecenderungan pengurangan kadar air menurun dengan bertambahnya waktu

pengeringan (Akpan et al, 2016). Dasore et al (2019) mendesain tiga tipe *cabinet dryer*, yaitu *simple type*, *hood type* dan *hood type with deflector*. Reynold number dihitung dari geometri dimensi dan viskositas fluida diatas 2000. Simulasi CFD ANSYS workbench 15.0 untuk kecepatan udara pengeringan 1-4 m/s dan temperatur 30-50°C (dihembuskan dari bawah), tekanan pengukuran adalah tekanan atmosfer dan tekanan output sama dengan nol. Hasil simulasi CFD menjelaskan bahwa temperatur udara pengering pada *type simple* paling tinggi, tetapi pada *hood type* dan *hood type* dengan *deflector* memberikan keseragaman pada temperatur pengering dan kecepatan aliran udara pengering.

Cabinet dryer dapat dirancang menggunakan produk panas dari sumber panas yang berbeda. Temperatur kerja *cabinet dryer* dapat diatur untuk sumber panas berupa *coil*/pemanas listrik dan gas. Pengaturan temperatur dilakukan untuk mendapatkan produk pengeringan yang diinginkan. Narsih and Agato (2019) melakukan pengeringan terhadap kecambah jagung pada temperatur 60°C dalam waktu 1 jam untuk menurunkan kadar air sehingga mempermudah proses penepungan dan terjaganya kandungan protein. Setelah pengeringan, kecambah jagung dapat ditepungkan dan teridentifikasi 11 senyawa pembentuk protein. Taiwo. A et al (2014) melakukan pengeringan chip kentang dengan ketebalan 2-4 mm sebanyak 1,5 kg pada setiap *tray* selama 3 jam pada *cabinet dryer* 3 tingkat dengan variasi temperatur *tray*. Rak bawah dikondisikan pada temperatur 40°C, rak tengah 60°C dan *tray* atas 80°C. Kadar air terendah terdapat pada chip kentang pada rak atas, yaitu 11,5%. Kondisi tersebut berbeda dengan sumber panas matahari. Iranmanesh et al (2020) menggunakan panas matahari sebagai sumber panas pada *cabinet dryer*. Hasil yang diperoleh menjelaskan bahwa temperatur *cabinet dryer* tergantung intensitas panas matahari. Permodelan menggunakan metode numerik dilakukan Sami. S et al (2011) untuk bagian *solar collector* dan *drying chamber*. Program yang digunakan dikembangkan sendiri dan diperoleh rerata kesalahan untuk semua percobaan (data sekunder) dan perkiraan mencapai 9,2%. Lestari et al (2020) memanfaatkan sumber panas dari panas buang kondensor *Air Conditioner* (AC) untuk *cabinet dryer*. Produk panas dihembuskan melewati saluran udara panas pada sisi samping *cabinet dryer* menuju bagian bawah rak. Terdapat 6 rak pada *cabinet dryer* dan pengukuran temperatur dilakukan pada titik tengah setiap *tray*. Pengukuran dilakukan saat temperatuur udara pada saluran udara panas 41,46°C, waktu 45 menit dan *cabinet dryer* dalam keadaan kosong. Hasil pengukuran diperoleh temperatur terendah pada rak paling atas (rak 1) 36,01°C dan tertinggi pada rak terbawah (rak 6) 38,37°C. Kondisi ini menjelaskan bahwa terjadi perbedaan temperatur tertinggi dan terendah untuk

cabinet dryer yang memiliki 6 rak pada pengukuran setelah 45 menit adalah 2,36°C.

Penggunaan penghambat aliran udara oleh Misha et al (2013) dan Ghaffari et al (2019) serta *deflector* oleh Dasore et al (2019) pada *cabinet dryer* membantu distribusi temperatur udara panas yang seragam. Penggunaan sirip pada luaran saluran aliran panas merupakan pembaharuan bentuk penghambat udara dan *deflector* yang diharapkan dapat memperlambat dan mengarahkan aliran udara panas pada *cabinet dryer* sehingga distribusi udara panas seragam. Permodelan menggunakan inventor professional 2019 education stand-alone untuk kemudian dilakukan simulasi permodelan menggunakan *Computational Fluid Dynamics (CFD) ultimate 2019 education stand-alone* bertujuan untuk mengetahui distribusi temperatur dan kecepatan aliran udara panas pada model *cabinet dryer* yang menggunakan sirip dan tanpa sirip pada luaran saluran udara panas *cabinet dryer*. Penelitian ini fokus pada permodelan dan simulasi model dengan kondisi awal dan kondisi batas tertentu.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan metode simulasi terhadap model *Cabinet dryer* yang dirancang. Perancangan model dilakukan dengan program inventor professional 2019 education stand-alone dan simulasi dilakukan dengan program *Computational Fluid Dynamics (CFD) ultimate 2019 education stand-alone*. *Cabinet dryer* dirancang dengan dimensi panjang (P)1000 mm, lebar (L) 800 mm dan tinggi (T) 1200 mm. *Cabinet dryer* dirancang 2 pintu dan terdapat enam (6) rak (*tray* kiri dan kanan) pada masing-masing pintu. Rak terbuat dari plat 3 mm dan diberi lubang berdiameter 20 mm dan berjarak 15 mm antar lubang. Rak pertama berjarak 300 mm dari lantai *cabinet dryer* sebagai ruang kosong penyebaran udara panas dan jarak antar rak 150 mm. Untuk *cabinet dryer* bersirip dirancang masing-masing satu sirip ke kiri, kanan, depan dan belakang dari ruang masuk udara panas dengan panjang sirip 250 mm dan kemiringan 45°. Persamaan energi, kontinuitas dan Navier-Stokes untuk massa, momentum dan konservasi energi pada *cabinet dryer* masing-masing pada persamaan (1)

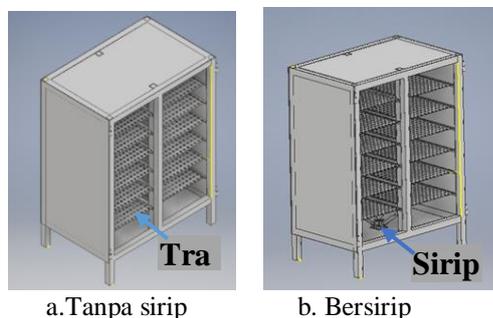
$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho k u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (1)$$

Energi kinetic turbulen (k) dan laju disipasi (ε) dihitung dari persamaan (2)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \varepsilon u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon \quad (2)$$

Permodelan perpindahan panas konveksi dan massa dalam model k- ε diberikan dalam persamaan (3)

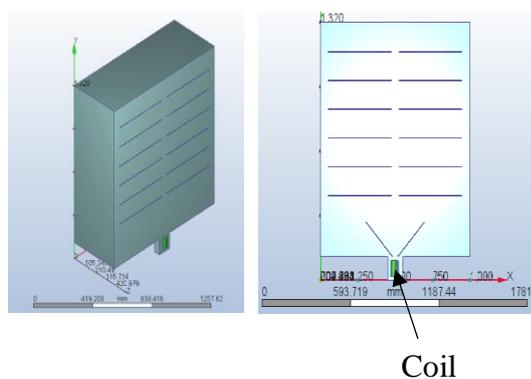
$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \frac{\partial}{\partial x_i}[u_i(\rho E + p)] = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(k + \frac{c_p \mu_t}{Pr_t} \right) \frac{\partial T}{\partial x_i} + u_i(\tau_{ij})_{eff} \right] + S_h \quad (3)$$



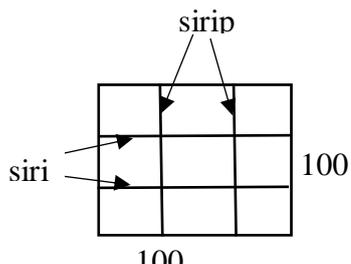
Gambar 1. Cabinet dryer bersirip dan tanpa sirip

Kondisi simulasi:

Simulasi menggunakan CFD ultimate 2019 dengan kondisi cabinet dryer dipotong depan belakang sama besar (slip simetry) untuk mengurangi beban simulasi. Ruang masuk udara dirancang 100 mm x 100 mm x 100 mm dan terpasang coil pemanas berdiameter 42 mm dan tinggi 80 mm terpasang pada ruang saluran udara (gambar.1). Kondisi batas panas coil 140°C, kecepatan udara 2000 mm/detik, dinding depan slip simetry. Kondisi awal ruang 28°C. Langkah iterasi 7000 untuk setiap langkah 0,01 detik. Perpindahan panas secara konveksi paksa untuk kondisi transient.



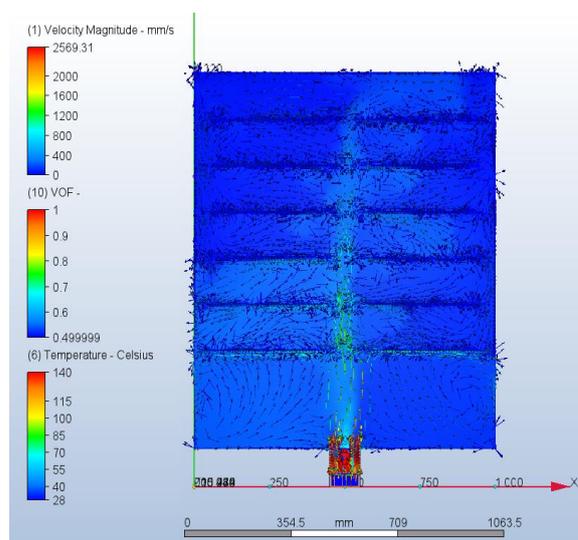
Gambar 2. Kondisi awal simulasi Cabinet dryer bersirip dan tanpa sirip



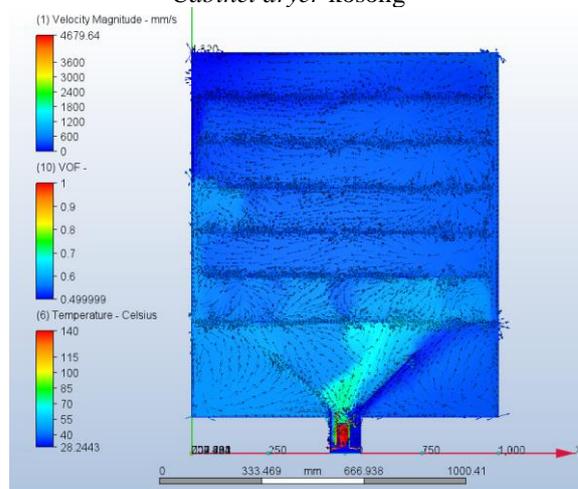
Gambar.3 Sirip pada aluran udara panas dilihat dari Bawah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi (gambar.4) diperoleh pada iterasi 6853, yaitu 52,29 detik untuk cabinet dryer bersirip dan cabinet dryer kosong terjadi pada iterasi 6815 yaitu 55,57 detik. Kondisi ini terjadi pada saat aliran udara panas sudah menyentuh dinding atas cabinet dryer. Temperatur konvergen mulai terjadi pada iterasi 100, sedangkan kecepatan aliran udara panas konvergen mulai iterasi 1500.



Cabinet dryer kosong



Cabinet dryer bersirip

Gambar 4. Distribusi temperatur dan kecepatan aliran panas

Tekanan, kecepatan aliran udara panas dan temperatur merupakan nilai rerata (tabel 1) yang dihitung pada simulasi, sehingga temperatur, tekanan dan kecepatan pada titik yang berbeda dapat berbeda pula. Pada detik ke 47,65 aliran panas telah mencapai langit-langit cabinet dryer yang dijelaskan dengan peningkatan tekanan dalam ruang cabinet dryer. Distribusi temperatur cabinet dryer bersirip lebih baik dengan rerata temperatur ruang yang lebih tinggi yaitu 38,7437°C dibanding dengan cabinet dryer tanpa sirip yaitu 34,3035°C pada 47,65 detik

(tabel 1). Distribusi udara panas yang lebih merata pada *cabinet dryer* bersirip dikarenakan luaran udara panas menuju ruang *cabinet dryer* terbagi dua, yaitu vertikal pada bagian tengah dan menyebar 45° mengikuti kemiringan sirip. Penyebaran aliran panas pada arah vertikal dan mengikuti kemiringan sirip dikarenakan sirip terpasang 50 mm dari titik pusat saluran udara panas masuk bagian kiri, kanan, depan dan belakang, sehingga sirip saling memotong. Kotak tengah merupakan aliran udara panas vertikal, sedangkan 8 kotak dipinggirnya merupakan saluran udara yang mengikuti kemiringan sirip (gambar. 3) Kondisi ini menyebabkan penyempitan luasan luaran ruang keluar udara yang menyebabkan kecepatan udara meningkat. Peningkatan kecepatan udara dihambat dengan sirip dan dihasilkan distribusi temperatur yang lebih baik. Tekanan udara meningkat lebih dari seratus kali sebelum (detik 45) dan saat aliran panas mencapai langit-langit *cabinet dryer* atau kondisi udara panas memenuhi *cabinet dryer* (tabel.1). Kondisi ini tentunya berkenaan dengan udara yang terkompresi. Kondisi tekanan udara ruang yang cenderung meningkat perlu diselesaikan. Tekanan udara ruangan yang tinggi tentunya tidak baik pada proses pengeringan karena menyebabkan tingginya titik didih air bahan. Kasus ini tentunya dapat diselesaikan dengan melakukan perhitungan simulasi dimensi saluran udara keluar pada *cabinet dryer* yang tidak menyebabkan peningkatan tekanan udara ruangan yang tinggi dan tidak juga menurunkan temperatur udara karena udara panas yang keluar. Permodelan *cabinet dryer* dengan saluran udara yang diperhitungkan dimensinya tentunya akan lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan *vacuum* jika dilihat dari segi ekonomis perancangan maupun operasi.

Tabel 1, 2 dan 3 merupakan hasil simulasi CFD. Untuk tabel.1 data diperoleh hingga 50 detik. Data diringkas untuk kelipatan 5 detik dan data 47,65 detik pada saat aliran udara telah mencapai dinding atas *cabinet dryer*. Tabel 2 dan 3, data diperoleh hingga iterasi 6853 dan merupakan rerata tekanan, temperatur dan kecepatan aliran udara panas bidang horisontal tepat pada setiap rak, yaitu rak 1-6.

Tabel 1. Rerata tekanan dan temperatur pada waktu tertentu

Waktu (detik)	<i>Cabinet dryer</i> kosong		<i>Cabinet dryer</i> sirip	
	Tekanan (Pa)	Temperatur (°C)	Tekanan (Pa)	Temperatur (°C)
0,01	-0,594	28,1424	-0,413	28,0828
5	0,017	28,3125	0,054	28,4229
10	0,060	28,421	0,112	28,6083
15	0,185	29,2094	0,279	29,8861
20	0,567	29,9016	0,696	31,18
25	1,279	30,5111	1,398	32,1207
30	2,077	31,2379	2,229	33,3593
35	3,149	32,2134	3,277	35,067
40	4,390	33,1638	4,542	36,6796

45	5,532	34,2462	5,737	38,1825
47,65	660,227	34,3035	655,552	38,7437
47,69	771,666	34,3059	881,054	39,0603
50	686,106	34,4175	887,795	39,0783

Tabel 2. Rerata temperatur, tekanan dan kecepatan udara panas pada *cabinet dryer* kosong

	Temperatur (°C)	Tekanan(Pa)	Kecepatan (mm/detik)
	Rak 1	35,0164	1469,94
Rak 2	35,0419	1468,18	25,0281
Rak 3	35,4064	1466,22	25,0134
Rak 4	35,2604	1463,95	24,4471
Rak 5	35,0834	1462,27	24,374
Rak 6	34,7357	1460,35	24,3982
Rerata	35,0907		24,4736
St,Dev	0,2291		0,5315
KK (%)	0,653 %		2,1716

Tabel 3. Rerata temperatur, tekanan dan kecepatan udara panas pada *cabinet dryer* sirip

	Temperatur (°C)	Tekanan(Pa)	Kecepatan (mm/detik)
	Rak 1	42,4676	892,267
Rak 2	41,7564	890,445	25,1012
Rak 3	40,6928	888,399	25,7301
Rak 4	39,9148	886,525	24,2714
Rak 5	39,599	884,474	24,6114
Rak 6	38,91	882,762	24,4521
Rerata	40,5577		24,5625
St,Dev	1,3528		0,8468
KK (%)	3,3355		3,4474

Rerata tekanan, kecepatan udara panas dan temperatur dapat dihitung dengan simulasi pada sumbu x sumbu y maupun sumbu z. Tekanan dan temperatur merupakan rerata tekanan dalam ruang *cabinet dryer*. Tekanan merupakan rerata tekanan arah x, y dan z disemua titik dalam ruang *cabinet dryer*. Untuk simulasi rerata tekanan dan temperatur yang dihitung sebagai luasan tegak lurus sumbu y dapat diaplikasikan pada rak yaitu rak 1 hingga rak 6. Nilai yang tertera pada tabel 2 dan tabel 3 merupakan rerata yang tegak lurus sumbu y (gambar 4). *Cabinet dryer* kosong (tanpa sirip), temperatur tertinggi pada rak 3 atau menjelaskan karakteristik temperatur yang meningkat hingga rak 3 dan setelah rak 3 temperatur cenderung turun. Interval temperatur terendah hingga tertinggi yaitu 34,7357°C-35,4064°C atau terjadi perbedaan 0,6707°C (tabel.2). Untuk *cabinet dryer* bersirip, temperatur tertinggi pada rak 1 dan temperatur terendah pada rak 6 (tabel.3). Tingginya temperatur pada rak 1 untuk *cabinet dryer* bersirip dikarenakan fungsi sirip untuk menghambat laju aliran panas dan mengarahkan aliran udara panas (tabel 3). Temperatur akan tertahan di awal yaitu rak 1. Pemberian sirip pada *cabinet dryer* juga menurunkan tekanan udara sebagai efek temperatur

tinggi. Tekanan udara rendah ini baik untuk pengeringan karena menyebabkan titik didih bahan yang dikeringkan lebih rendah (tabel 3). Selisih temperatur tertinggi ($42,46^{\circ}\text{C}$) dan terendah ($38,91^{\circ}\text{C}$) pada *cabinet dryer* bersirip sebesar $3,55^{\circ}\text{C}$. Kondisi ini sejalan dengan prototipe terbaik *cabinet dryer* Misha et al (2013) yang menggunakan penghambat aliran udara memiliki selisih temperatur terendah dan tertinggi sebesar $0,7^{\circ}\text{C}$ dan *cabinet dryer* Lestari et al (2020) yang menyediakan ruang kosong dibawah rak terbawah (*plenum chamber*) dengan selisih temperatur tertinggi dan terendah $2,36^{\circ}\text{C}$. *Cabinet dryer* bersirip memberikan pencapaian merata temperatur pada rak lebih tinggi yaitu $40,5577^{\circ}\text{C}$ dibandingkan merata *cabinet dryer* kosong $35,0907^{\circ}\text{C}$. Distribusi temperatur untuk *cabinet dryer* kosong mendekati seragam dengan standard deviasi 0,2291 dan koefisien korelasi 0,653 % dengan rerata kecepatan aliran panas arah sumbu y (vertikal) *cabinet dryer* kosong $24,4736$ mm/detik. Demikian pula distribusi temperatur dan kecepatan aliran panas arah sumbu y (vertikal) pada *cabinet dryer* bersirip terdistribusi mendekati seragam dengan standard deviasi temperatur 0,8468 dan koefisien korelasi 3,3355% untuk kecepatan aliran panas vertical rerata $24,5625$ mm/detik. (tabel 2 dan 3). Hal ini menjelaskan bahwa *cabinet dryer* kosong dan bersirip menunjukkan unjuk kerja yang baik secara distribusi temperatur dan kecepatan aliran panas pada setiap rak. *Cabinet dryer* bersirip menunjukkan unjuk kerja yang lebih baik jika dilihat dari capaian temperatur tertinggi pada kondisi awal dan kondisi batas simulasi CFD yang sama, yaitu $42,4676^{\circ}\text{C}$ dibandingkan capaian temperatur tertinggi *cabinet dryer* tanpa sirip, yaitu $35,4064^{\circ}\text{C}$ pada $47,65$ detik. Kondisi ini juga menjelaskan bahwa untuk perancangan dengan memberikan ruang yang cukup antara lantai dan rak 1 (jarak 300 mm) memberikan fungsi yang baik untuk menghambat laju aliran panas menuju rak. Kondisi tersebut disebabkan tumbukan (momentum) aliran udara panas dan udara dalam ruang *cabinet dryer*. Sifat fisis udara juga akan menyebabkan aliran acak akan terjadi pada sumbu x dan z dan perlambatan pada sumbu y (vertikal) karena pertukaran posisi udara panas yang ringan dan udara dingin yang lebih berat. Model sirip pada *cabinet* lebih berfungsi pada distribusi udara panas yang merata yaitu bagian tengah, sisi kiri dan kanan serta posisi depan dan belakang ruang *cabinet dryer* sehingga pencapaian temperature menjadi lebih tinggi (panas) (tabel 3). Lebih rendahnya tekanan udara pada setiap rak untuk *cabinet dryer* bersirip lebih disebabkan karena temperatur yang lebih tinggi pada rak tersebut (tabel 2 dan 3)

4. KESIMPULAN

Cabinet dryer kosong dan bersirip dengan pemberian jarak yang cukup antara lantai dan rak 1 memberikan distribusi kecepatan aliran udara panas lebih seragam dan rendah. Distribusi temperatur untuk *cabinet dryer* kosong mendekati seragam dengan standard deviasi 0,2291 dan koefisien korelasi 0,653 % dengan rerata kecepatan aliran panas arah sumbu y (vertikal) *cabinet dryer* kosong $24,4736$ mm/detik. Demikian pula distribusi temperatur dan kecepatan aliran panas arah sumbu y (vertikal) pada *cabinet dryer* bersirip terdistribusi mendekati seragam dengan standard deviasi temperatur 0,8468 dan koefisien korelasi 3,3355% untuk kecepatan aliran panas vertical rerata $24,5625$ mm/detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akpan G.E, Onwe. D.N, Fakayode. O.A, Offiong. U.D, 2016, Design and Development of an Agricultural and Bio-materials Cabinet Tray Dryer, International Journal of Food Engineering and Technology, 2(1): 34-42
- Ajayeoba. A.O, Awotunde.O.W, Fatukasi. S.O, 2014, Design and Development of a Domestic Biscuit Cabinet Tray Dryer, International Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 4, Issue 3(6), pp.13-20
- Dasore. A and Konijeti. R, 2019, Numerical Simulation of air Temperature and air flow Distribution in a Cabinet tray Dryer, International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, Volume-8, Issue-11, 1836-1840
- Goneli. A,L,D, Martins. E.A.S, Jordan. R.A, Geisenhoff. L.O,Garcia. R.T , 2016, Experimental Dryer Design For Agricultural Products, International Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering, V.36, N.5, P.938-950.
- Ghaffari. A, Mahdipour. R, 2015, Modeling and Improving the Performance of Cabinet Solar Dryer Using Computational Fluid Dynamics, International Journal of Food Engineering, Vol. 11 Iss: 2 pp.157–172.
- Iranmanesh.M, Akhijahani. H. S , Jahromi.M.S.B, 2020, CFD modeling and evaluation the performance of a solar cabinet dryer equipped with evacuated tube solar collector and thermal storage system, Renewable Energy Journal: 145, 1192-1213
- Jabeen. R, Aijaz. T and Khalid. G, 2015, Drying kinetics of potato using a self-designed cabinet dryer, International Journal of Food Science & Technology, 1: 1036485, 1-5.

- Lestari. N, Samsuar, Novitasari dan Rahman. K, 2020, Performance of Cabinet Dryer in the Red Ginger Drying by Utilizing the Waste Heat of Air Conditioner Condenser, *Jurnal AgriTechno*. Vol. 13 (1): 57-70
- Misha. S, Mat. S, Ruslan. M.H, Sopian. K and Salleh. E, 2013, The CFD Simulation of Tray Dryer Design For Kenaf Core Drying, *International Journal of Applied Mechanics and Materials* Vol. 393, pp 717-722
- Murathathunyaluk. S, Srisakwattana. N, Saksawad. T, Bumrunghaichaichan. E, 2015, Development of Rotating Tray Dryer and Study of the Hot Air Flow Pattern with Computational Fluid Dynamics, *International Journal of Chemical Engineering Transactions*, V.43, P.1669-1674
- Narsih and Agato, 2019, Nutrition Components of Dry Noodles From Substitution of Aloe vera Skin Extract and Maize's Sprout, *Current Nutrition & Food Science Journal*: 15, 500-507
- Pragati. S and Preeti. B, 2016, Technological Revolution in Drying of Fruit and Vegetables, *International Journal of Science and Research*, Volume 3 Issue 10, 705-711
- Precoppe. M, Janjai.S, Mahayothee. B, Müller. J, 2015, Batch uniformity and energy efficiency improvements on a cabinet dryer suitable for smallholder farmers, *International Journal of food science and teknologi*, 52(8):4819–4829.
- Sami. S, Rahimi. A and Etesami.N, 2011, Dynamic Modeling and a Parametric Study of an Indirect Solar Cabinet Dryer, *International Journal Drying Technology*, 29: 825–835
- TaiwoA, Fashina.A.B, Ola, F.A, 2014, Evaluation of a cabinet dryer developed for cassava chips, *International Journal of Applied Agricultural and Apicultural Research*, 10 (1&2): 10-20