

Simulasi Laju Aliran Udara pada Mesin Oven Pengering Kerupuk dengan Burner Sederhana Berbasis Computational Fluid Dynamics

Simulation of Air Flow Rate in a Cracker Drying Oven Machine with a Simple Burner Based on Computational Fluid Dynamics

Syahrul Mahfudli Rohman^{1*}, Agus Mukhtar¹, Aan Burhanudin¹

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang, Semarang, Indonesia

*Corresponding author: syahrulmahfudlirohman@gmail.com

Diterima: 30-07-2024

Disetujui: 19-08-2024

Dipublikasikan: 31-08-2024

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Pengeringan adalah proses mengeluarkan air dari bahan menggunakan energi panas, salah satunya melalui pengovenan untuk mengurangi kadar air. Penelitian ini bertujuan menganalisis laju aliran udara dalam mesin oven dan pengaruh variasi suhu terhadapnya menggunakan simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD). Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan teknik pengumpulan data deskriptif analitis, meliputi eksperimen, simulasi, dan dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simulasi laju aliran udara menggunakan Ansys R2 2020 bervariasi pada suhu yang berbeda. Pada suhu 70°C, kecepatan udara berkisar antara 1.108 m/s hingga 4.432 m/s, sementara pada suhu 75°C, kecepatan berkisar antara 1.882 m/s hingga 11.29 m/s. Terjadi turbulensi pada kedua suhu tersebut, dan suhu yang lebih tinggi menghasilkan laju aliran udara yang lebih cepat karena pengurangan hambatan udara. Pada suhu 75°C, kerupuk mencapai tingkat kekeringan optimal dengan penurunan berat sebesar 95%. Suhu yang tinggi dapat mengurangi densitas udara yang mampu meningkatkan kecepatan aliran udara karena adanya penurunan hambatan yang dialami udara.

Kata Kunci: CFD, Laju aliran udara, Mesin oven pengering kerupuk, Suhu.

Abstract

Drying is the process of removing water or separating a relatively small amount of water from a material using heat energy. One method of drying is through oven processing, which aims to reduce the moisture content in materials using an oven. This study aims to analyze the airflow rate in an oven using Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation and to examine the effect of temperature variations on airflow rate using CFD simulation. The research method employed is experimental, with data collection techniques including descriptive analysis, involving experiments, simulation results, and documentation. The study found that the simulated airflow rate using Ansys R2 2020 varied with different temperatures. At 70 °C, the air velocity ranged from 1.108 m/s to 4.432 m/s, while at 75 °C, it ranged from 1.882 m/s to 11.29 m/s. Turbulence occurred at both temperatures, and higher temperatures resulted in faster airflow rates due to reduced air resistance. At 75 °C, the crackers achieved optimal dryness, with a weight reduction of 95%. High temperatures can reduce air density which can increase air flow speed due to a decrease in resistance experienced by the air.

Keywords: Air flow rate, CFD, Cracker drying oven machine, Temperature.

1. Pendahuluan

Berkembangnya teknologi pengeringan ini sangat berguna mengawetkan makanan menjadi teknologi yang digunakan dalam memudahkan penggunaan produk dan memenuhi kualitas produk oleh konsumen (Septiana. 2019). Produk yang dihasilkan oleh proses

pengeringan memiliki volume yang relatif lebih kecil dibandingkan sebelumnya sehingga produk menjadi lebih mudah saat di distribusikan, hal ini disebabkan karena kandungan air yang ada di dalam produk berkurang. Menurut (Syafriyudin and Purwanto 2009), proses pengeringan yang sering dijumpai saat ini diantaranya pengeringan tradisional, proses pengeringan ini hanya menggunakan bantuan dari panas sinar matahari, hal ini dimanfaatkan oleh masyarakat karena tidak banyak membutuhkan biaya dan gratis hanya dengan memanfaatkan sumber energi. Proses pengeringan yang sering dijumpai saat ini diantaranya pengeringan tradisional, proses pengeringan ini hanya menggunakan bantuan dari panas sinar matahari, hal ini dimanfaatkan oleh masyarakat karena tidak banyak membutuhkan biaya dan gratis hanya dengan memanfaatkan sumber energi. Metode pengeringan dengan jenis seperti ini dinamakan dengan *open air drying* atau pengeringan dengan ruang terbuka, Namun, pengeringan jenis ini memiliki beberapa kekurangan karena sangat tergantung oleh kondisi cuaca dan mudah terkontaminasi serangan bakteri maupun kutu sehingga sangat berpengaruh terhadap kualitas produk yang di keringkan (Idawati et al. 2016). Selain itu pengeringan jenis ini membutuhkan waktu yang lumayan lama sehingga berpotensi menimbulkan kerugian.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengeringan adalah faktor yang berhubungan dengan udara pengering (suhu, kecepatan volumetric, kelembaban udara), dan faktor yang berhubungan dengan bahan yang dikeringkan (ukuran bahan, kadar air awal bahan, tekanan parsial dalam bahan) (Hariyadi 2018). Pada proses ini terjadi perpindahan massa dari bahan ke udara dalam bentuk uap air sehingga terjadi pengeringan pada permukaan bahan. Salah satu produk yang terjadi dalam proses ini adalah dalam produksi kerupuk.

Menurut (Risdianti, Murad, and Putra 2016), pengeringan adalah proses pengeluaran air atau pemisahan air dalam jumlah yang relative kecil dari bahan dengan menggunakan energi panas. Pengeringan dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya yaitu melalui proses pengovenan. Proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam bahan yang menggunakan mesin oven. Oven yang dapat digunakan dapat dengan oven listrik maupun oven burner/ kompor. Pengeringan bahan dengan oven dianggap lebih menguntungkan karena akan terjadi pengurangan kadar air dalam jumlah besar dalam waktu yang singkat, akan tetapi penggunaan suhu yang terlampau tinggi dapat meningkatkan biaya produksi selain itu terjadi perubahan biokimia sehingga mengurangi kualitas produk yang dihasilkan sedangkan dengan metode kering angin dianggap murah akan tetapi kurang efisien waktu dalam pengeringan simplasi (Winangsih, Prihastanti, and Parman 2013).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Aprilia and Siregar 2023) dengan judul artikel Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Kualitas Nyala Api Dan Efisiensi Kompor Gasifikasi Biomassa Tipe Updraft Dengan Bahan Bakar Tempurung Kelapa, diperoleh hasil dari pengujian yang telah dilakukan ada pengaruh laju aliran udara masuk pada gasifier tipe updraft terhadap temperatur nyala api, durasi waktu nyala api, tinggi dan lebar nyala api, serta warna nyala api. Temperatur nyala api syngas tertinggi terdapat pada laju aliran udara 10 m/s yaitu 925°C dan yang terendah pada laju aliran udara 6 m/s yaitu 778°C. Hal tersebut disebabkan karena semakin besar laju aliran udara, maka syngas yang dihasilkan juga akan semakin besar serta kandungan flammable gas juga akan semakin tinggi sehingga temperatur yang dihasilkan akan tinggi pula. Durasi nyala api terlama diperoleh pada laju aliran udara masuk 6 m/s yaitu selama 22 menit dan yang tercepat berdurasi 12 menit pada laju aliran udara 10 m/s. Semakin besar laju aliran udara, maka proses pembakaran akan semakin cepat dan biomassa akan semakin cepat habis. Sehingga lama nyala api juga semakin cepat. Tinggi nyala api syngas tertinggi diperoleh pada laju aliran udara masuk 10 m/s yaitu 60 cm dengan lebar api 16 cm pada gasifier tanpa mesh, sedangkan nyala api terendah dihasilkan dari laju aliran udara 6 m/s dengan mesh yaitu 23 cm dan lebar api

11 cm. Semakin besar laju aliran udara yang masuk, maka syngas yang kelaor semakin banyak sehingga tinggi api yang dihasilkan dari pembakaran akan semakin tinggi . Warna api yang dihasilkan pada semua laju aliran udara yaitu warna jingga. Warna api jingga dikarenakan pembentukan OH lebih banyak dibandingkan dengan CH dan C2 yang menandakan pembakaran yang terjadi kurang dimana didominasi oleh pembakaran difusi.

Penelitian yang selanjutnya dilakukan oleh (Prihatin et al. 2020) dengan judul artikel Kualitas Laju Panas Konveksi Pada Mesin Oven Kompor Rotary yang bertujuan untuk menentukan alternatif solusi yang bertitik berat kepada kajian kualitas laju panas konveksi pada mesin oven kompor rotary. Metode yang diterapkan adalah membandingkan pengaruh kualitas beban dan akurasi waktunya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai pemanasan awal 10 menit oven kompor rotary yang efektif adalah 51°C dan 72°C. Nilai pemanasan konveksi yang paling optimal dari mesin oven kompor rotary ini mencapai 121,4kW.

Maka dari itu, peneliti melakukan penelitian yang digunakan untuk menganalisis Tingkat keringnya kerupuk terung menggunakan oven dengan *burner* sederhana dan melihat aliran udara pada mesin oven tersebut melalui *software*. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret tahun 2024 sampai bulan Mei 2024 di tempat produksi kerupuk terung Semarang. Tujuan dari penelitian ini adalah peneliti ingin mengetahui laju aliran udara pada mesin oven pengering menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu terhadap laju aliran udara dalam mesin oven menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD).

2. Metode

Metode yang penulis gunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode penelitian eksperimen yang bertujuan untuk menguji permasalahan yang diteliti sehingga dapat menjelaskan dan membahas rumusan masalah dengan benar. Bentuk penelitian ini adalah penelitian yang berusaha untuk mengontrol pada tiap keadaan yang relevan dengan situasi yang diteliti lalu melakukan pengamatan terhadap efek atau pengaruh ketika kondisi tersebut dimanipulasi (Setyanto, 2013). Teknik analisis data pada penelitian ini menggunakan metode analisis Deskriptif, dengan 3 teknik pengumpulan data yaitu eksperimen, hasil simulasi, dan dokumentasi.

Pengujian dilakukan menggunakan mesin oven pengering kerupuk dengan *burner* sederhana, dengan rangka besi hollow yang berukuran 35 × 35 mm dan menggunakan cover body dari *galvalume sheet* dengan tipe *tray* (rak) sebanyak 5 rak dan pintu oven sebanyak 2 yang digunakan untuk menutup dan membuka mesin oven pengering kerupuk. Spesifikasi mesin seperti Gambar 1 berikut.



Dimensi model oven pengering kerupuk:

Panjang = 1800 mm = 1,8 m

Lebar = 900 mm = 0,9 m

Tinggi = 1200 mm = 1,2 m

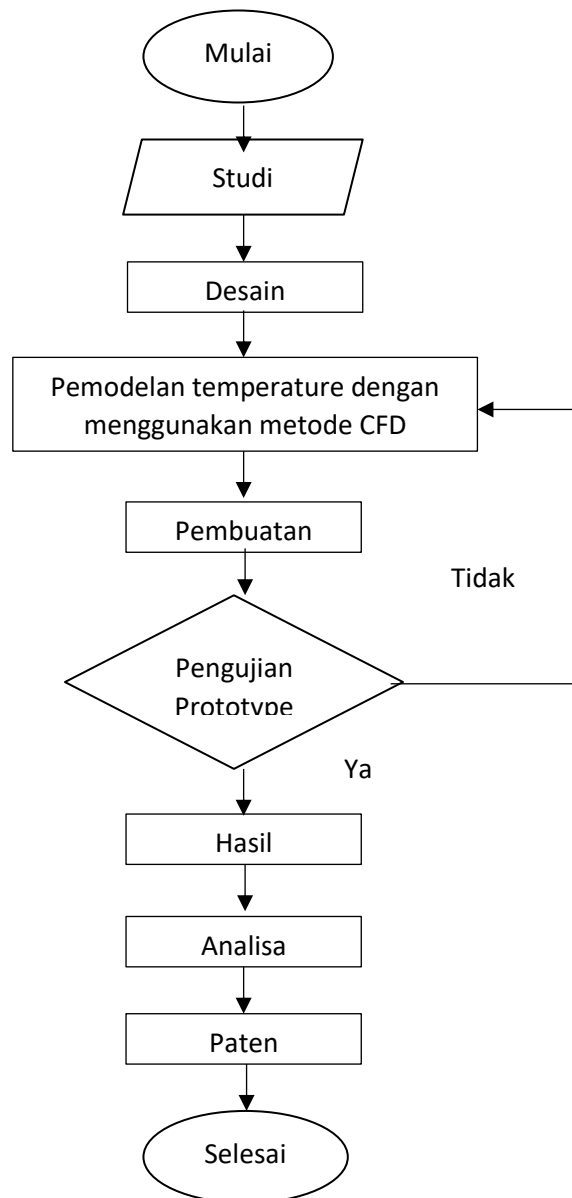
Dimensi tumpangan rak:

Panjang = 1600 mm = 1,6 m

Lebar = 800 mm = 0,8 m

Jumlah rak = 5 rak bertingkat

Gambar 1. Desain mesin oven pengering kerupuk



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, maka peneliti melakukan perhitungan laju aliran udara dengan menghitung laju aliran udara pada oven pengering adonan kerupuk terung, dimana hasil dari perhitungan tersebut nantinya akan dimasukkan pada saat proses simulasi.

3.1. Perhitungan koefisien konveksi

Kecepatan aliran udara melalui fan

$$D = 8 \text{ cm}$$

$$R = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$$

$$\text{rpm fan} = 3600$$

$$\begin{aligned} rps \text{ fan} &= \frac{n \cdot 2\pi}{60} \\ &= \frac{3600 \cdot 2 \cdot 3,14}{60} \\ &= 376,8 \end{aligned}$$

$$V = Rps \cdot r = 15.072 \text{ m/s}$$

Menghitung *Reynold Number* (*Re*) (Mere 2022)

$$Re = \frac{V \times L}{\nu}$$

$$Re = \frac{15.072 \frac{m}{s} \times 1m}{18.58 \times 10^{-6} m^2/s}$$

$$Re = 8119.4833 \text{ (} Re > 4000 \text{ (aliran turbulen))}$$

Bilangan Nusselt

$$N_{UD} = 0.332 \times Re^{1/2} \times Pr^{1/3}$$

$$N_{UD} = 0.332 \times 8119.4833^{1/2} \times 0.71^{1/3}$$

$$N_{UD} = 85.325$$

Koefisien konveksi

$$h = \frac{N_{UD} \times k}{L}$$

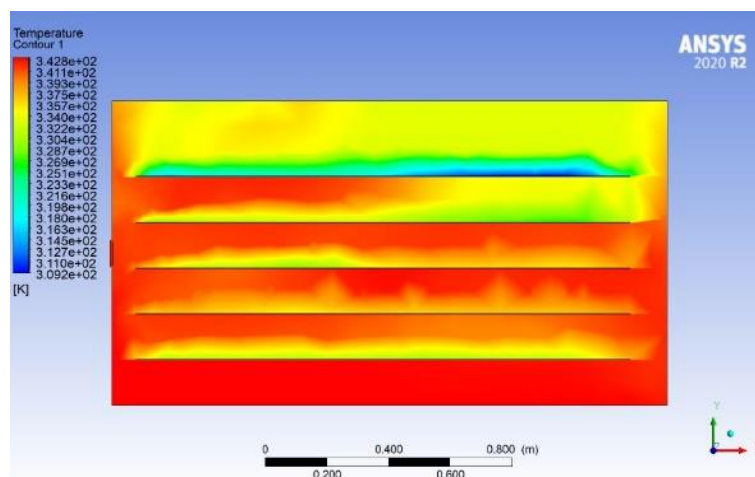
$$h = \frac{85.325 \times 10^{-3}}{1}$$

$$h = 23.2084 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

3.2. Hasil Simulasi

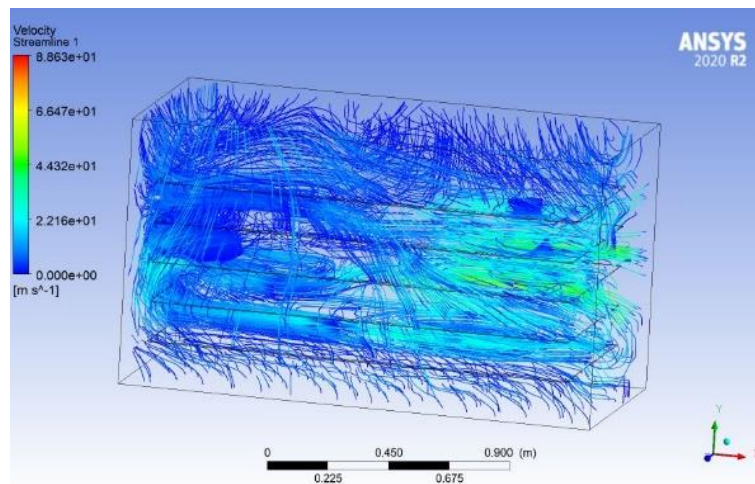
Tabel 1. Pengambilan data suhu dengan pemanas 70°C

Rak	Massa (g)		Waktu	Suhu pengering	Suhu plat	Kec. udara
	Awal	Akhir				
1	6	4	3 jam	51.6 °C	51.6 °C	1.9 m/s
2	6	4		51 °C		
3	6	4		53.3 °C		
4	6	4		53.3 °C		
5	6	4		53.6 °C		
Rata-rata				52.56 °C		



Gambar 2. Hasil simulasi sebaran panas tiap rak dengan suhu sumber 70°C

Dalam simulasi yang ditunjukkan pada gambar diatas, dapat diketahui bahwa suhu terendah adalah 36.05°C, sedangkan untuk suhu tertinggi yaitu 69.65°C. Terlihat bahwa pada oven mengalami suhu yang berbeda namun suhu tidak mendominasi, hal ini terjadi karena persebaran panas antara burner pemanas 70°C dengan kecepatan fan kurang maksimal.

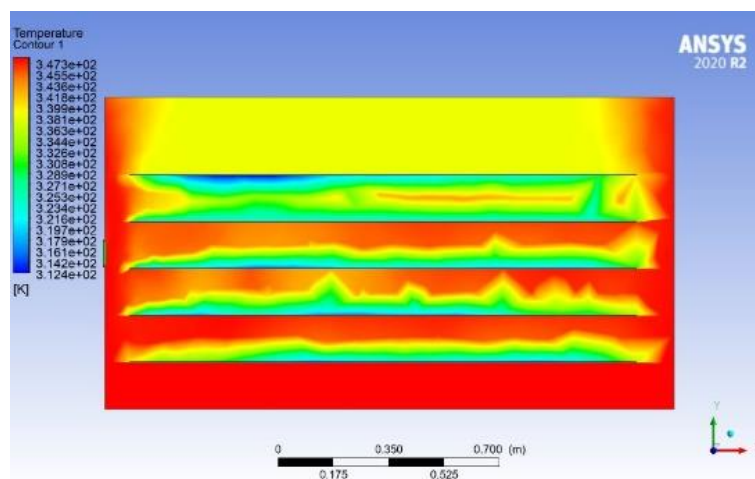


Gambar 3. Hasil simulasi laju aliran udara tiap rak dengan suhu 70°C

Dalam hasil simulasi yang ditunjukkan pada gambar diatas, dapat diketahui bahwa kecepatan terendah adalah 1.108 ms^{-1} yang ditunjukkan oleh warna biru muda pada bagian rak mesin oven dan kecepatan tertinggi yaitu 4.432 ms^{-1} yang ditunjukkan oleh warna hijau muda pada bagian tengah-tengah rak.

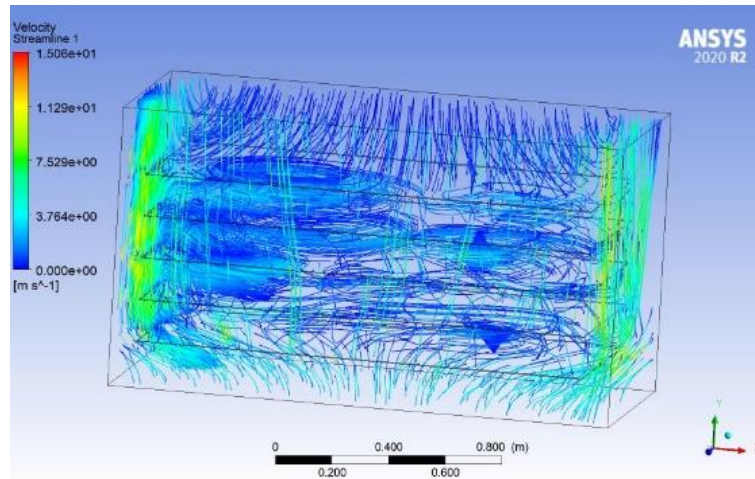
Tabel 2. Pengambilan data suhu dengan pemanas 75°C

Rak	Massa (g)		Waktu	Suhu pengering	Suhu plat	Kec. udara
	Awal	Akhir				
1	6	3	3 jam	49 °C	50.6 °C	1.9 m/s
2	6	3		46 °C		
3	6	3		49.6 °C		
4	6	3		50.6 °C		
5	6	3		53 °C		
Rata-rata				49.64 °C		



Gambar 4. Hasil simulasi sebaran panas tiap rak dengan suhu sumber 75°C

Hasil simulasi yang ditunjukkan pada gambar 4. dapat diketahui bahwa suhu terendah adalah 39.25 °C, sedangkan suhu tertinggi adalah 75.05 °C. dapat ditunjukkan bahwa persebaran panas dalam mesin oven dengan suhu pemanas 75 °C mengalami persebaran yang sempurna.

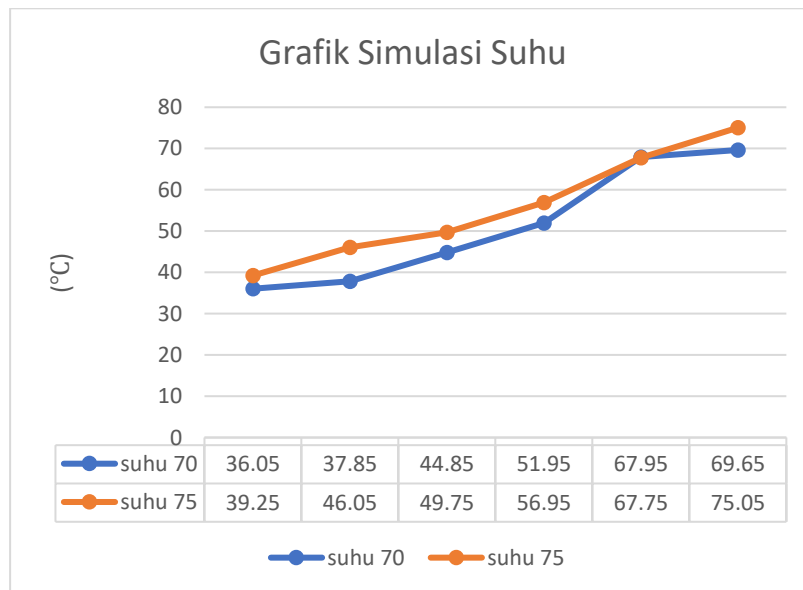


Gambar 5. Hasil simulasi laju aliran udara tiap rak dengan suhu 75°C

Dalam hasil simulasi yang ditunjukkan pada gambar diatas, dapat diketahui bahwa kecepatan terendah adalah 1.882 ms^{-1} yang ditunjukkan oleh warna biru muda pada bagian rak mesin oven dan kecepatan tertinggi yaitu 11.29 ms^{-1} yang ditunjukkan oleh warna kuning pada sisi samping kanan dan kiri rak.

3.3. Hasil Percobaan

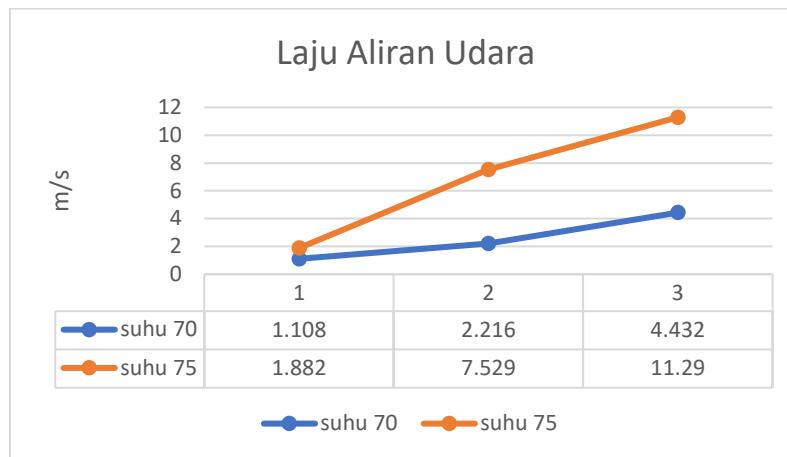
Analisis peneliti dalam pengamatan dan percobaan menggunakan *Computataional Fluid Dynamics*, maka peneliti menyimpulkan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 6. Grafik simulasi suhu

Grafik simulasi suhu menunjukkan adanya perbedaan antara suhu pemanas 70 °C dan 75 °C, terlihat bahwa pada suhu pemanas tinggi akan menghasilkan persebaran suhu dalam mesin oven juga tinggi, berbeda dengan ketika suhu pemanas rendah. Hal ini menunjukkan bahwa suhu pemanas mempengaruhi kecepatan suhu dalam mesin oven dan juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap Tingkat pengeringan kerupuk.

Pada tahap analisis kecepatan aliran udara dalam mesin oven pengering kerupuk dari gambar tersebut terlihat bahwa, grafik kecepatan udara terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan aliran udara pada suhu yang lebih tinggi, laju pengeringan semakin cepat.



Gambar 7. Grafik kecepatan aliran udara

3.4. Pembahasan

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software Computational Fluid Dynamics* yang telah dilakukan oleh peneliti, pada percobaan pertama dengan variasi suhu pemanas 70°C memperoleh laju aliran terendah adalah $1.108 \times 10^1 \text{ ms}^{-1}$ dan laju aliran tertinggi $4.432 \times 10^1 \text{ ms}^{-1}$. Hal ini dapat disimpulkan bahwa pada percobaan dengan menggunakan suhu pemanas 70°C terjadi turbulensi. Pada percobaan kedua dengan variasi suhu pemanas 75 °C memperoleh laju aliran terendah adalah 1.882 ms^{-1} dan laju aliran tertinggi 11.29 ms^{-1} . Hal ini dapat disimpulkan bahwa pada percobaan dengan menggunakan suhu pemanas 75°C terjadi turbulensi. Selaras dengan penelitian (Hisyam 2016) menyatakan bahwa, jika aliran internal menunjukkan bilangan Reynold lebih dari 4000 maka disebut turbulen.

Hasil percobaan yang telah dilakukan oleh peneliti, menunjukkan bahwa pada suhu pemanas atau suhu *burner* 70 °C dalam mesin oven pengering kerupuk menghasilkan suhu pada setiap rak nya, yang dilakukan selama 3 jam untuk pengeringan kerupuk. Pada rak 1 memperoleh suhu pengering sebesar 51.6 °C, suhu rak ke 2 sebesar 51 °C, suhu rak ke 3 sebesar 53.3 °C, suhu rak ke 4 sebesar 53.3 °C, dan suhu rak ke 5 sebesar 53.6 °C. Pada rak ke 3 dan rak ke 4 memiliki suhu yang sama, hal ini sama-sama terjadi karena kedua rak tersebut berada di tengah atau jauh *burner* pemanasnya. Rata-rata suhu pengering pada setiap rak di percobaan dengan suhu *burner* atau suhu pemanas 70 °C adalah 52.56 °C. Hasil percobaan kedua pada suhu pemanas atau suhu *burner* 75 °C dalam mesin oven pengering kerupuk Pada rak 1 memperoleh suhu pengering sebesar 49 °C, suhu rak ke 2 sebesar 46 °C, suhu rak ke 3 sebesar 49.6 °C, suhu rak ke 4 sebesar 50.6 °C, dan suhu rak ke 5 sebesar 53 °C. Rata-rata suhu pengering pada setiap rak di percobaan dengan suhu *burner* atau suhu pemanas 75 °C adalah 49.64 °C.

4. Kesimpulan

Dalam kesimpulan tidak boleh ada referensi. Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan oleh peneliti dapat disimpulkan Kecepatan aliran udara pada mesin oven pengering kerupuk menggunakan *burner* dengan simulasi *Ansys R2 2020* memiliki perbedaan pada setiap suhu pemanasnya. Hasil kecepatan persebaran aliran udara dengan pemanas 75 °C lebih menghasilkan Tingkat keringnya kerupuk dengan maksimal, dengan kecepatan terendah 1.882 m/s dan kecepatan tertinggi 11.29 m/s. Pada suhu 75 °C arah aliran udara tidak beraturan, namun kerapatan udara dalam mesin oven kecil, sehingga aliran udara pada suhu 75 °C terlihat lancar dan mengalami perataan suhu. Sementara dengan menggunakan suhu 70 °C menghasilkan kecepatan terendah 1.108 m/s dan kecepatan tertinggi 4.432 m/s. Pada suhu 70 °C arah aliran udara tidak beraturan dan kerapatan udara dalam mesin oven besar, hal ini mengakibatkan aliran

udara pada suhu 70 °C tidak lancar. Suhu pemanas yang tinggi dengan suhu penerima atau suhu dalam oven yang lebih rendah menghindari resiko kerupuk gosong dan memastikan penguapan air dari kerupuk berlangsung secara bertahap. Maka dapat disimpulkan simulasi persebaran panas dengan sumber pemanas 75°C menghasilkan kecepatan udara yang cepat, hal ini dapat membuat penguapan air lebih maksimal sehingga proses pengeringan menjadi lebih efisien.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya suhu akan mempengaruhi besarnya kecepatan aliran udara dalam mesin oven. Peneliti menggunakan 2 variasi suhu, yaitu 70 °C dan 75°C. Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan bahwa suhu 75 °C memiliki kecepatan suhu yang tinggi dibandingkan dengan suhu 70 °C, suhu yang tinggi dapat mengurangi densitas udara yang mampu meningkatkan kecepatan aliran udara karena adanya penurunan hambatan yang dialami udara. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, dengan suhu pemanas 75 °C kerupuk dapat kering optimal dengan berat satuan awal sebesar 6 gram dan berat kerupuk kering sebesar 3 gram dengan persentase penurunan berat kerupuk 95%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis banyak mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah membimbing saya sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih juga kepada pemilik umkm krupuk yang telah memberikan fasilitas penelitian dari pembuatan alat hingga pengujian sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Aprilia, Riska, and Indra Herlamba Siregar. 2023. "Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Kualitas Nyala Api Dan Efisiensi Kompor Gasifikasi Biomassa Tipe Updraft Dengan Bahan Bakar Tempurung Kelapa." *Journal Teknik Mesin* 11 (02): 39–46.
- Baananto, Fauzan. 2023. "Desain Awal Dan Analisa Computational Fluid Dynamics (CFD) Aliran Fluida Cair Yang Melewati Objek Silinder Terbelah". *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 2 (3):30-35. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v2i3.76>.
- Hariyadi, Tri. 2018. "Pengaruh Suhu Operasi Terhadap Penentuan Karakteristik Pengeringan Busa Sari Buah Tomat Menggunakan Tray Dryer." *Jurnal Rekayasa Proses* 12 (2): 46. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.39019>.
- Hisyam, A. 2016. "Analisis Perpindahan Panas Pada Oven Menggunakan Pemanas Listrik Untuk Proses Pengeringan Daun Kelor." *Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*. https://repository.its.ac.id/76138/2/2113030033-Non_Degree.pdf.
- Idawati, Supu, Usman Baso, Basri Selviani, and Sunarni. 2016. "Pengaruh Suhu Terhadap Perpindahan Panas Pada Material Yang Berbeda." *Dinamika* 07 (1): 62–73.
- Mere, Anderias Lalo. 2022. "Analisis Perpindahan Panas Pada Mesin Pengering Daun Kelor Tipe Tray Dryer Menggunakan Lampu Pijar Sebagai Pemanas." *Jurnal SIMETRIS* 13 (2): 1–11.
- Mukhtar, Agus, Rifki Hermawan, Oki Prio, Hisyam Ma'mun, dan Aan Burhanudin. 2023. "Pemodelan Dan Simulasi Perambatan Panas Dan Laju Aliran Udara Pada Mesin Penetas Telur Statis Menggunakan Computational Fluid Dynamics Software". *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 2 (2):9-18. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v2i2.55>.
- Prihatin, Joko Yunianto, Heri Kustanto, Slamet Pambudi, and Satyagraha Maulindra. 2020. "Kualitas Laju Panas Konveksi Pada Mesin Oven Kompor Rotary." *Jurnal Teknik* 6 (4): 6–11.
- Risdianti, D., Murad, and G.M.D. Putra. 2016. "Kajian Pengeringan Jahe (Zingiber Officinale Rosc) Berdasarkan Perubahan Geometrik Dan Warna Menggunakan Metode Image Analysis." *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem* 4 (2): 275–84.
- Septiana., T. 2019. "Analisis Efisiensi Termal Mesin Oven Rotary Pada Proses Pengeringan Bahan Dasar Roti." *Vol 10 No 1 (2019): Prosiding Industrial Research Workshop and National*

Seminar, 444–48.

Syafriyudin, and D. P Purwanto. 2009. "Oven Pengering Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 Menggunakan Pemanas Pada Industri Rumah Tangga." *Jurnal Teknologi* 2 (1): 70–79.

Winangsih, Erma Prihastanti, and Sarjana Parman. 2013. "Pengaruh Metode Pengeringan Terhadap Kualitas Simplisia." *Buletin Anatomi Dan Fisiologi* 21 (1): 19–25.