

ANALISA 2 DIMENSI PENGARUH POSISI OUTLET RUANG PENERING TERHADAP DISTRIBUSI KECEPATAN UDARA RUANG PENERING

2D ANALYSIS OF THE EFFECT OF OUTLET POSITION IN A DRYING CHAMBER ON AIRFLOW VELOCITY DISTRIBUTION

¹Sabiqunassabiqun

¹Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

email : ¹ sabiqunassabiqun11@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh posisi outlet pada ruang pengering terhadap distribusi kecepatan aliran udara menggunakan simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD). Dua model ruang pengering dengan posisi outlet yang berbeda dianalisis, yaitu Model A dengan outlet di bagian atas dan Model B dengan outlet di bagian bawah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Model B memiliki distribusi dan rata-rata kecepatan aliran udara yang lebih baik, terutama di rak bawah, dibandingkan dengan Model A. Penelitian ini mengindikasikan bahwa posisi outlet yang lebih rendah meningkatkan efisiensi distribusi aliran udara dan dapat meningkatkan kinerja pengeringan secara keseluruhan.

Kata Kunci : Simulasi CFD, Ruang Pengering, Posisi Outlet, Distribusi Kecepatan Udara

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of outlet position in a drying chamber on the airflow velocity distribution using Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation. Two drying chamber models with different outlet positions were analyzed, Model A with an outlet at the top and Model B with an outlet at the bottom. The results show that Model B exhibits better airflow distribution and higher average velocity, particularly in the lower rack, compared to Model A. This study indicates that a lower outlet position improves airflow distribution efficiency and can enhance the overall drying performance.

Keywords : CFD Simulation, Drying Chamber, Outlet Position, Airflow Velocity Distribution)

I. PENDAHULUAN

Proses pengeringan merupakan tahap penting dalam berbagai industri, seperti pengolahan makanan, pertanian, dan farmasi, karena memengaruhi kualitas dan daya simpan produk. Salah satu sistem yang umum digunakan adalah ruang pengering dengan rak bertingkat, di mana aliran udara panas digunakan untuk menguapkan kelembapan dari bahan yang dikeringkan. Namun, distribusi aliran udara yang tidak merata dapat menyebabkan ketidakseimbangan dalam proses pengeringan, menghasilkan kelembapan sisa yang bervariasi antar rak, dan menurunkan efisiensi energi. Penempatan inlet dan outlet udara dalam ruang pengering memengaruhi pola aliran udara dan distribusi suhu di dalam ruang tersebut. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa posisi outlet yang strategis dapat meningkatkan keseragaman distribusi aliran udara dan suhu, serta meningkatkan efisiensi proses pengeringan. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih dalam mengenai pengaruh posisi outlet terhadap distribusi kecepatan aliran udara sangat penting untuk merancang ruang pengering yang lebih efisien.

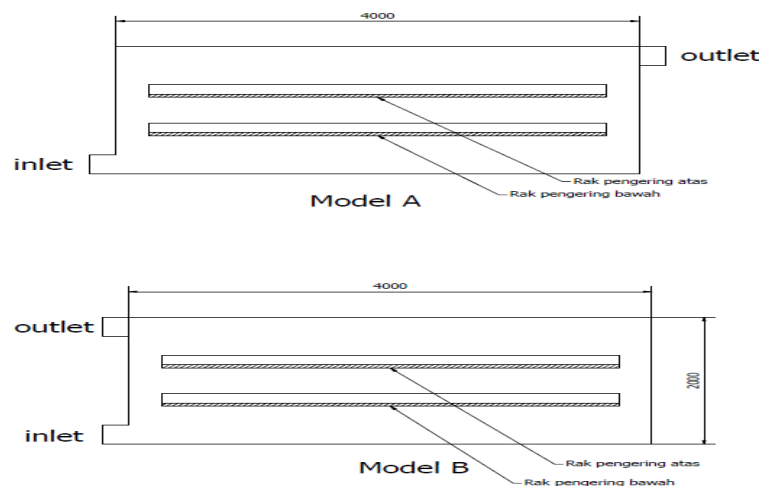
Beberapa studi telah menggunakan simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) untuk menganalisis distribusi aliran udara dalam ruang pengering. Misha et al. (2015) melakukan simulasi CFD pada ruang pengering rak bertingkat untuk mengetahui distribusi aliran udara. Hasilnya menunjukkan bahwa aliran udara yang tidak merata dapat menyebabkan perbedaan kelembapan akhir pada produk yang dikeringkan. Penelitian ini menekankan pentingnya desain ruang pengering yang mempertimbangkan distribusi aliran udara untuk meningkatkan efisiensi pengeringan (Misha et al., 2015). Selain itu, studi oleh Wei et al. (2023) menganalisis pengaruh posisi outlet terhadap distribusi suhu dan kelembapan dalam ruang pengering padi menggunakan simulasi CFD. Mereka menemukan bahwa outlet yang lebih dekat dengan inlet cenderung meningkatkan kecepatan aliran udara pada bagian bawah ruang pengering, sementara outlet yang lebih tinggi memberikan distribusi aliran yang lebih merata (Wei et al., 2023).

Penelitian lain oleh Singh et al. (2021) menunjukkan bahwa konfigurasi outlet berperan besar dalam menciptakan aliran udara yang lebih seragam, yang pada gilirannya meningkatkan keseragaman dalam pengeringan bahan. Mereka menggunakan simulasi CFD untuk menganalisis pengaruh posisi outlet pada distribusi kecepatan aliran udara dalam ruang pengering. Hasilnya menunjukkan bahwa outlet yang terletak lebih tinggi atau di bagian atas ruang pengering dapat meningkatkan distribusi aliran udara di rak pengering atas, tetapi berisiko menyebabkan aliran yang tidak merata pada rak bawah (Singh et al., 2021). Berbagai studi eksperimen juga mendukung temuan ini. Penelitian oleh Hasan et al. (2019) di bidang pengeringan buah-buahan menunjukkan bahwa posisi outlet yang lebih rendah dapat meningkatkan efisiensi pengeringan pada rak bawah dengan memperbaiki distribusi kecepatan udara di sepanjang ruang pengering (Hasan et al., 2019). Dalam konteks ini, desain outlet yang mempertimbangkan posisi vertikalnya sangat penting untuk meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem pengeringan.

Meskipun banyak studi telah mengkaji pengaruh desain ruang pengering terhadap distribusi aliran udara, masih sedikit penelitian yang secara khusus menilai pengaruh posisi outlet terhadap distribusi kecepatan aliran udara di rak pengering pada ruang pengering dengan desain yang lebih sederhana. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus untuk mengisi celah tersebut dengan menganalisis pengaruh posisi outlet dalam ruang pengering terhadap distribusi kecepatan aliran udara pada rak atas dan rak bawah, dengan tujuan untuk mengidentifikasi apakah posisi outlet dapat mempengaruhi efisiensi pengeringan secara signifikan.

II. METODE PELAKSANAAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) untuk menganalisis pengaruh posisi outlet terhadap distribusi kecepatan aliran udara dalam ruang pengering dua dimensi. Model ruang pengering yang digunakan memiliki dimensi panjang 4 meter dan tinggi 2 meter, dengan dua rak pengering bertingkat yang terletak di tengah ruang pengering, seperti yang digambarkan pada Gambar 1. Dalam penelitian ini, terdapat dua variasi posisi outlet yang diuji, yang dibedakan berdasarkan letak outlet di ruang pengering, yang dapat dilihat dengan jelas pada gambar yang disediakan. Pada Model A, outlet terletak di bagian atas ruang pengering, sementara pada Model B, outlet berada di bagian bawah ruang pengering. Kedua model ini dipilih untuk membandingkan pengaruh posisi outlet yang lebih tinggi (Model A) dan outlet yang lebih rendah (Model B) terhadap distribusi kecepatan aliran udara pada rak atas dan rak bawah ruang pengering, terlihat gambar 1



Gambar 1. Variasi posisi outlet pada ruang pengering

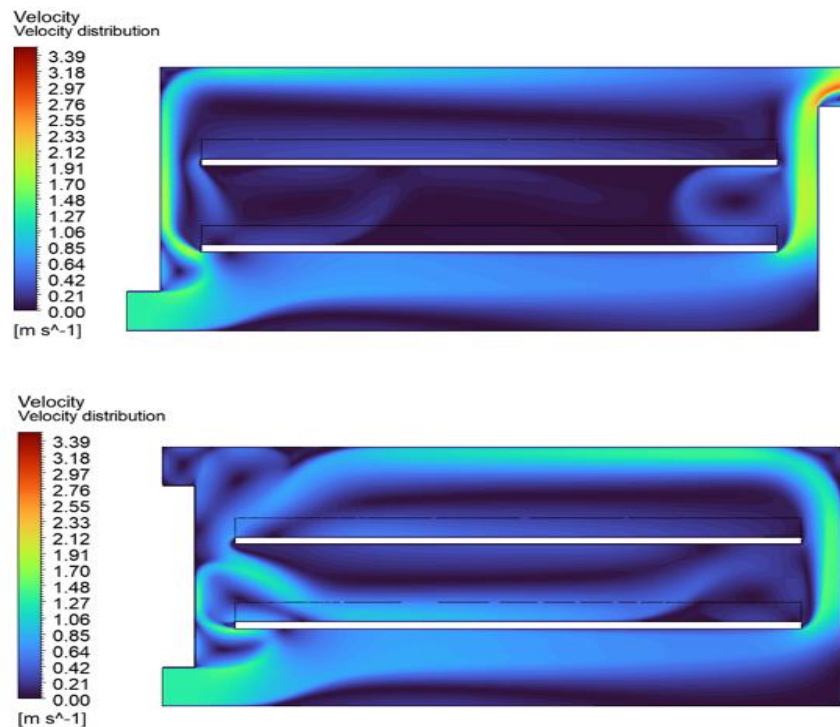
Simulasi CFD dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS Fluent, yang merupakan salah satu perangkat lunak CFD yang banyak digunakan untuk simulasi aliran fluida. Prosedur yang digunakan dalam simulasi adalah sebagai berikut, pertama, geometri ruang pengering dibangun dengan dimensi panjang 4 meter dan tinggi 2 meter, yang mencakup dua rak pengering bertingkat yang membagi ruang pengering menjadi beberapa bagian. Kedua, boundary conditions ditetapkan pada inlet dan outlet, dengan kecepatan aliran udara pada inlet diatur sesuai dengan variasi laju aliran yang digunakan, yaitu 0.937 m/s, 1.29 m/s, dan 1.64 m/s, outlet ditetapkan dengan tekanan atmosfer, dan dinding ruang pengering dianggap tidak ada slip.

Untuk model aliran, digunakan model turbulen k- ϵ , yang cocok untuk simulasi aliran udara di ruang pengering yang umumnya memiliki aliran turbulen. Grid yang digunakan dalam simulasi dibagi menjadi sel-sel hexahedral untuk memastikan kualitas hasil simulasi yang optimal. Penelitian ini menggunakan pendekatan steady-state untuk mendapatkan kondisi aliran udara yang stabil. Setelah simulasi selesai, distribusi kecepatan aliran udara pada rak atas dan rak bawah dianalisis, kecepatan rata-rata aliran udara pada masing-masing rak dihitung dan dibandingkan antara kedua model (Model A dan Model B) untuk berbagai variasi laju aliran udara, analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah posisi outlet berpengaruh terhadap distribusi kecepatan aliran udara di seluruh ruang pengering. Simulasi dilakukan dengan tiga variasi laju aliran udara yang masuk ke ruang pengering, yaitu 0.937 m/s, 1.29 m/s, dan 1.64 m/s, variasi ini dimaksudkan untuk melihat pengaruh perubahan laju aliran udara terhadap distribusi kecepatan aliran pada rak atas dan rak bawah, serta untuk mengidentifikasi apakah posisi outlet berpengaruh pada distribusi kecepatan udara pada berbagai tingkat laju aliran udara. Hasil simulasi dibandingkan dengan data eksperimen yang tersedia dalam literatur untuk memastikan akurasi model CFD yang digunakan. Pengolahan data hasil simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel untuk mengolah kecepatan aliran udara dan visualisasi hasil simulasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Distribusi temperatur *heatsink*

Setelah dilakukan simulasi CFD, diperoleh gambar kontur distribusi aliran udara pada ruang pengering. Dari percobaan variasi model berdasarkan posisi outlet diperoleh gambar 2 kontur berikut. Gambar 2 menunjukkan perbedaan kontur aliran kecepatan udara dalam ruang pengering. Hasil simulasi yang ditunjukkan pada gambar distribusi kecepatan aliran udara untuk Model A dan Model B pada kecepatan inlet 1,29 m/s, terdapat perbedaan mencolok antara kedua model dalam hal distribusi aliran udara di dalam ruang pengering. Pada Model A, di mana outlet terletak di bagian atas ruang pengering, aliran udara menunjukkan pola distribusi yang lebih tinggi pada rak atas. Kecepatan aliran udara pada bagian ini lebih terpusat di sekitar outlet yang berada di atas, menyebabkan udara mengalir dengan intensitas lebih besar pada area rak atas, sementara distribusi di rak bawah terlihat lebih lemah.



Gambar 2. Distribusi kecepatan aliran udara pada kecepatan inlet 1,29 m/s

Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun udara bergerak lebih cepat di bagian atas, aliran udara yang lebih sedikit mencapai rak bawah. Kecepatan udara yang lebih rendah di bagian bawah ruang pengering menunjukkan adanya ketidakseimbangan dalam distribusi aliran udara, yang dapat berdampak pada efektivitas pengeringan pada rak bawah. Selain itu, pola aliran udara yang ada di sekitar rak bawah tampak stagnan dan kurang merata, yang menunjukkan bahwa posisi outlet yang lebih tinggi kurang ideal dalam mendistribusikan aliran udara secara merata ke seluruh area ruang pengering.

Sebaliknya, pada Model B, di mana outlet terletak lebih dekat dengan rak bawah, pola aliran udara menunjukkan distribusi yang lebih merata di seluruh ruang pengering, terutama di rak bawah. Kecepatan aliran udara pada rak bawah meningkat dengan signifikan, dengan kecepatan yang lebih merata di sepanjang area tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa outlet yang lebih rendah dapat meningkatkan efisiensi aliran udara di rak bawah, sehingga meningkatkan kinerja pengeringan di bagian tersebut. Namun, meskipun aliran udara di rak bawah lebih efisien, distribusi aliran udara di rak atas sedikit berkurang. Kecepatan udara pada rak atas lebih rendah dibandingkan dengan Model A, hal ini bisa disebabkan oleh posisi outlet yang lebih dekat dengan

inlet, yang mengarah pada pengeluaran udara yang lebih cepat dan kurang efektif dalam mencapainya bagian atas ruang pengering.

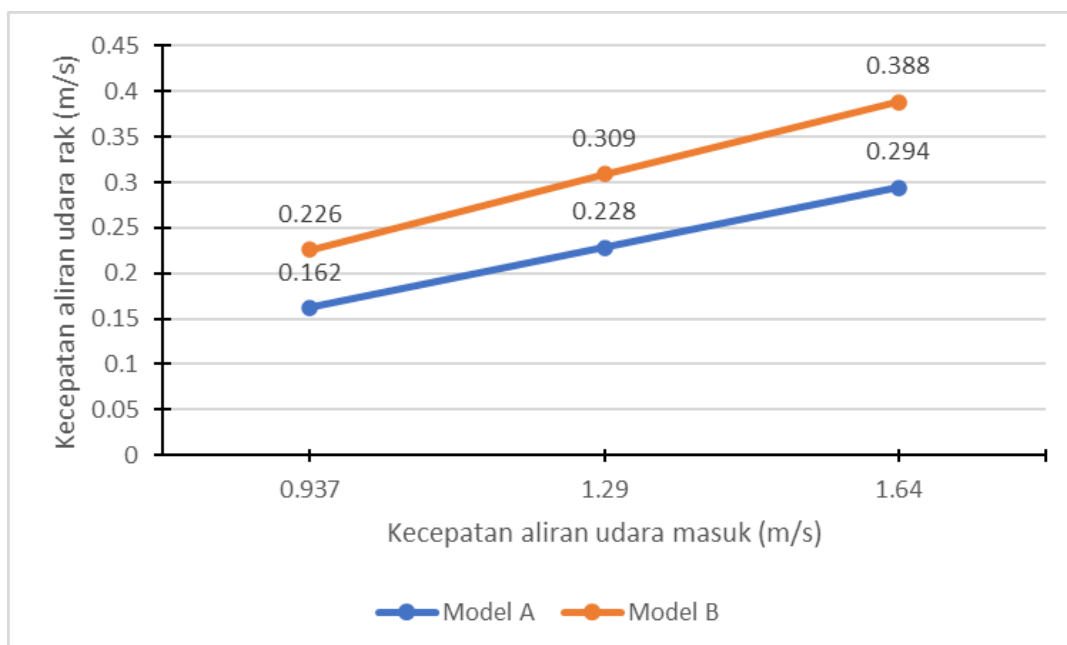
B. Rata-rata kecepatan aliran udara pada setiap rak

Dari simulasi CFD berdasarkan variasi model dan kecepatan aliran udara pada inlet, diperoleh data kecepatan aliran udara rata-rata pada setiap tingkat rak tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data rata-rata kecepatan aliran udara hasil pengujian CFD

Kecepatan aliran udara masuk (m/s)	Kecepatan aliran udara pada rak (m/s)		
	Rak	Model A	Model B
0.937	Atas	0.162	0.226
	Bawah	0.077	0.358
1.29	Atas	0.228	0.309
	Bawah	0.118	0.528
1.64	Atas	0.294	0.388
	Bawah	0.16	0.713

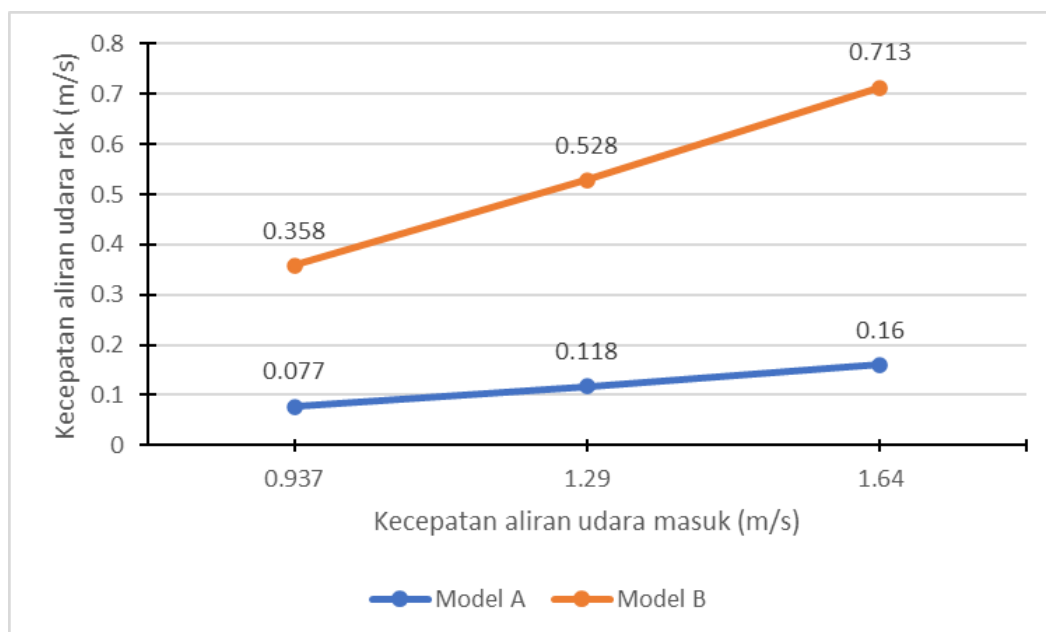
Analisa lebih lanjut dilakukan dengan memisahkan fokus pada rata-rata kecepatan aliran udara pada rak atas dan bawah. Berikut grafik rata-rata kecepatan aliran udara pada rak atas, terlihat gambar 3 berikut



Gambar 3. Grafik rata-rata kecepatan aliran udara pada rak atas

Pada gambar 3, Model A (dengan outlet di bagian atas) menunjukkan kecepatan aliran udara yang lebih rendah pada rak atas dibandingkan dengan Model B (dengan outlet di bagian bawah), meskipun keduanya memiliki kecepatan aliran udara yang masuk yang sama. Ketika kecepatan aliran udara masuk meningkat (dari 0.937 m/s ke 1.64 m/s), kita melihat adanya peningkatan kecepatan aliran udara pada rak atas di kedua model, tetapi Model B secara konsisten memiliki kecepatan yang lebih tinggi. Peningkatan kecepatan pada Model B lebih tajam, dan pada laju aliran 1.64 m/s, kecepatan aliran udara pada rak atas mencapai 0.388 m/s, lebih tinggi dibandingkan dengan 0.294 m/s yang tercatat pada Model A untuk kondisi yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa posisi outlet yang lebih rendah (Model B) meningkatkan efisiensi distribusi aliran udara pada rak atas, dengan kecepatan aliran yang lebih tinggi dan lebih merata, dibandingkan dengan posisi outlet yang lebih tinggi (Model A).

Analisis ini menegaskan bahwa posisi outlet sangat berpengaruh terhadap distribusi aliran udara, terutama pada rak atas. Outlet yang lebih rendah memberikan distribusi udara yang lebih efektif dan meningkatkan kecepatan aliran udara di rak atas. Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa posisi outlet yang lebih rendah dapat meningkatkan efisiensi aliran udara, yang berdampak langsung pada proses pengeringan, terutama di area rak atas ruang pengering. Rak bawah dianalisa secara khusus untuk melihat apakah seluruh tingkat rak terpengaruh secara signifikan karena perubahan posisi outlet. Berikut grafik rata-rata kecepatan aliran udara pada rak gambar 4.



Gambar 4. Grafik rata-rata kecepatan aliran udara pada rak bawah

Pada Model A, yang memiliki outlet di bagian atas ruang pengering, kecepatan aliran udara pada rak bawah sangat rendah, bahkan pada kecepatan aliran udara masuk yang lebih tinggi (1.64 m/s). Kecepatan aliran udara pada rak bawah hanya mencapai 0.16 m/s, meskipun laju aliran udara yang masuk meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa posisi outlet yang lebih tinggi pada Model A tidak memberikan distribusi aliran udara yang cukup efisien untuk mencapai rak bawah, sehingga aliran udara pada rak bawah sangat terbatas dan tidak efektif. Sebaliknya, pada Model B, di mana outlet terletak lebih dekat dengan rak bawah, kecepatan aliran udara pada rak bawah meningkat secara signifikan. Pada kecepatan aliran udara 0.937 m/s, kecepatan aliran udara pada rak bawah mencapai 0.358 m/s, dan pada kecepatan aliran udara yang lebih tinggi, kecepatan tersebut meningkat tajam menjadi 0.713 m/s pada kecepatan aliran udara masuk 1.64 m/s. Hal ini menunjukkan bahwa posisi outlet yang lebih rendah meningkatkan efisiensi aliran udara pada rak bawah, memungkinkan udara mengalir lebih cepat dan merata ke seluruh bagian ruang pengering. Peningkatan signifikan kecepatan aliran udara pada rak bawah di Model B menunjukkan bahwa variasi posisi outlet sangat berpengaruh terhadap distribusi kecepatan aliran udara pada semua tingkat rak. Posisi outlet yang lebih rendah tidak hanya mempengaruhi distribusi udara pada rak atas, tetapi juga memberikan dampak yang besar pada rak bawah, yang menunjukkan adanya perbaikan signifikan dalam efisiensi pengeringan pada rak bawah. Secara keseluruhan, baik pada rak atas maupun rak bawah, posisi outlet terbukti berpengaruh secara signifikan terhadap distribusi aliran udara dan efisiensi pengeringan. Hasil ini menekankan pentingnya pertimbangan posisi outlet dalam merancang ruang pengering untuk memastikan distribusi udara yang merata dan efisien, yang pada gilirannya akan meningkatkan kinerja keseluruhan sistem pengeringan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, telah dilakukan simulasi CFD 2 model ruang pengering dengan posisi outlet berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model B memiliki rata-rata kecepatan aliran udara pada area rak yang lebih besar dibanding model A. Berdasarkan hasil simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) yang dilakukan terhadap dua model ruang pengering dengan perbedaan posisi outlet, diperoleh beberapa temuan penting:

1. Model B menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan Model A dalam hal distribusi kecepatan aliran udara, terutama pada area rak pengering.
2. Rata-rata kecepatan aliran udara pada Model B lebih tinggi, yang menunjukkan efisiensi sirkulasi udara yang lebih baik dalam ruang pengering.
3. Konsistensi hasil tetap terlihat meskipun dilakukan variasi terhadap kecepatan aliran udara masuk, yang semakin memperkuat keunggulan Model B dalam mendistribusikan aliran udara secara merata.

B. SARAN

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, berikut beberapa hal yang dapat dilakukan:

1. Melakukan eksplorasi posisi outlet lainnya untuk mendapatkan konfigurasi desain ruang pengering yang lebih optimal.
2. Menambahkan parameter analisis seperti distribusi suhu, kelembaban, dan efisiensi pengeringan untuk memperoleh pemahaman yang lebih menyeluruh terhadap performa sistem.
3. Menguji model secara eksperimental sebagai bentuk validasi dari hasil simulasi CFD, agar hasil yang diperoleh lebih akurat dan aplikatif.
4. Mengintegrasikan sistem kontrol otomatis berbasis sensor untuk pengaturan kecepatan aliran udara sesuai kebutuhan proses pengeringan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Laboratorium Komputasi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, atas dukungan dan fasilitasi dalam bentuk peminjaman serta pemberian akses penggunaan perangkat lunak ANSYS 2024 resmi. Perangkat lunak tersebut telah menjadi komponen penting dalam pelaksanaan simulasi berbasis Computational Fluid Dynamics (CFD), khususnya dalam analisis distribusi aliran udara pada model ruang pengering yang menjadi fokus utama penelitian ini. Dukungan teknis dan fasilitas yang diberikan oleh Laboratorium Komputasi Universitas Lampung tidak hanya membantu kelancaran proses simulasi, tetapi juga meningkatkan kualitas dan akurasi hasil penelitian secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Hasan, M., et al. (2019). Effect of outlet position on drying efficiency in fruit drying. *International Journal of Food Engineering*.
- Joshi, S., et al. (2025). Modeling airflow dynamics in solar drying chambers. Springer.
- Kavindi, M. A. R., Amaratunga, K. S. P., Ekanayake, E. M. A. C., Fernando, A. J., & Abesinghe, A. M. S. K. (2022). CFD simulation of airflow distribution in a heat pump-assisted deep-bed paddy dryer. *Applied Engineering in Agriculture*.
- Misha, S., Mat, S., Ruslan, M. H., & Salleh, E. (2013). A study of drying uniformity in a new design of tray dryer. *Academia.edu*.
- Misha, S., Mat, S., Ruslan, M. H., & Salleh, E. (2013). CFD simulation for tray dryer optimization. *Academia.edu*.
- Misha, S., Mat, S., Ruslan, M. H., & Salleh, E. (2015). Simulation of air flow distribution in a tray dryer by CFD. *ResearchGate*.
- Mehdipour, M., et al. (2025). Modeling airflow dynamics in solar drying chambers. Springer.
- Mathioulakis, E., Karathanos, V. T., & Belessiotis, V. (1998). Simulation of air movement in a dryer by computational fluid dynamics: Application for the drying of fruits. *Journal of Food Engineering*.
- Singh, R., et al. (2021). CFD analysis of airflow distribution in a drying chamber. *Journal of Thermal Science and Engineering Applications*.
- Wei, Z., et al. (2023). Effect of outlet position on air flow and temperature distribution in a rice dryer. *MDPI*.
- Misha, S., Mat, S., Rosli, M. A. M., Ruslan, M. H., Sopian, K., & Salleh, E. (2015). Simulation of air flow distribution in a tray dryer by CFD. *ResearchGate*.
- Misha, S., Mat, S., Ruslan, M. H., & Salleh, E. (2013). The prediction of drying uniformity in tray dryer system using CFD simulation. *International Journal of Machine Learning and Computing*.