

Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Karakteristik Aliran dan Distribusi Temperatur Pada Solar Drying Chamber

Iqbar Patria Santosa^{1*}, Evi Sofia², Dalmasius Ganjar Subagio³, Yadi Radiansah⁴

^{1,2}Department of Mechanical Engineering, Widyatama University, Bandung 40125, Indonesia

^{3,4}Research Center for Energy Conversion and Conservation, BRIN, Indonesia

Corresponding Author's e-mail : iqbar.patria@widyatama.ac.id

ARMADA
JURNAL PENELITIAN MULTIDISIPLIN

e-ISSN: 2964-2981

ARMADA : Jurnal Penelitian Multidisiplin

<https://ejournal.45mataram.ac.id/index.php/armada>

Vol. 04, No. 07 Juli, 2026

Page: 2825-2837

DOI:

<https://doi.org/10.55681/armada.v4i7.3035>

Article History:

Received: Mei 08, 2026

Revised: Juni 10, 2026

Accepted: Juli 18, 2026

Abstract : This study investigates the effect of airflow rate on flow characteristics and temperature distribution in a solar drying chamber. Experiments were conducted at airflow velocities of 2.4 m/s, 2.6 m/s, and 2.8 m/s. Flow characteristics were evaluated using the Reynolds number, while temperature distribution was measured at eight observation points. The results showed that increasing airflow velocity increased the Reynolds number from 23,897 to 27,071, indicating turbulent flow conditions. Temperature distribution became more uniform as airflow velocity increased, as indicated by the decrease in ΔT from 5.0°C to 2.5°C. An airflow velocity of 2.8 m/s produced the most uniform temperature distribution in the solar drying chamber.

Keywords: Airflow Rate, Temperature Distribution, Reynolds Number, Solar Drying Chamber, Flow Characteristics

Abstrak : Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh laju aliran udara terhadap karakteristik aliran dan distribusi temperatur pada solar drying chamber. Pengujian dilakukan pada kecepatan udara 2,4 m/s, 2,6 m/s, dan 2,8 m/s. Karakteristik aliran dianalisis menggunakan bilangan Reynolds, sedangkan distribusi temperatur diamati pada delapan titik pengukuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan udara meningkatkan bilangan Reynolds dari 23.897 menjadi 27.071 dan menghasilkan aliran turbulen. Distribusi temperatur menjadi lebih merata dengan meningkatnya kecepatan udara, yang ditunjukkan oleh penurunan nilai ΔT dari 5,0°C menjadi 2,5°C. Variasi kecepatan udara 2,8 m/s menghasilkan distribusi temperatur paling seragam pada solar drying chamber.

Kata kunci: Laju Aliran Udara, Distribusi Temperatur, Bilangan Reynolds, Solar Drying Chamber, Karakteristik Aliran

PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi surya pada sistem pengering terus berkembang sebagai salah satu solusi untuk mengurangi konsumsi energi konvensional dan meningkatkan penggunaan energi terbarukan. Salah satu teknologi yang banyak dikembangkan adalah *solar drying chamber*, yaitu sistem pengering yang memanfaatkan energi radiasi matahari untuk memanaskan udara sebelum dialirkan ke ruang pengering. Dibandingkan dengan metode pengeringan terbuka, sistem ini mampu menghasilkan kondisi operasi yang lebih terkontrol, mengurangi risiko kontaminasi lingkungan, serta meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi surya. Selain itu, penggunaan sistem konveksi paksa (*forced convection*) memungkinkan distribusi udara panas yang lebih baik di dalam

ruang pengering sehingga dapat meningkatkan performa termal sistem (Chan & Darius, 2018; Ennissioui *et al.*, 2023; Mulkan *et al.*, 2021).

Kinerja *solar drying chamber* tidak hanya dipengaruhi oleh kemampuan kolektor surya dalam menghasilkan udara panas, tetapi juga oleh kemampuan sistem dalam mendistribusikan udara tersebut secara merata ke seluruh ruang pengering. Distribusi temperatur yang tidak seragam dapat menyebabkan terbentuknya daerah bertemperatur tinggi (*hot spot*) maupun daerah bertemperatur rendah (*cold spot*) yang mengindikasikan distribusi energi panas belum berlangsung secara optimal. Kondisi tersebut umumnya berkaitan dengan pola sirkulasi udara yang terbentuk di dalam ruang pengering sehingga karakteristik aliran udara menjadi salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam pengembangan sistem pengering tenaga surya (Azmi *et al.*, 2025; Fauzun *et al.*, 2025). Laju aliran udara merupakan parameter operasi yang berperan penting dalam menentukan karakteristik aliran dan distribusi temperatur pada sistem pengering. Perubahan laju aliran udara akan memengaruhi pola sirkulasi udara, intensitas pencampuran fluida, serta penyebaran energi panas di dalam ruang pengering. Pada kecepatan udara yang rendah, distribusi panas cenderung tidak merata akibat terbatasnya proses pencampuran udara. Sebaliknya, peningkatan kecepatan udara dapat meningkatkan intensitas pencampuran sehingga distribusi temperatur menjadi lebih seragam. Namun, kecepatan udara yang terlalu tinggi berpotensi mengurangi waktu tinggal (*residence time*) udara panas di dalam sistem sehingga distribusi panas yang terbentuk belum tentu optimal (Murthi *et al.*, 2025; Selvaraj *et al.*, 2021; Setiawan *et al.*, 2021).

Distribusi temperatur yang baik ditunjukkan oleh perbedaan temperatur yang relatif kecil antar titik pengukuran. Sebaliknya, distribusi temperatur yang tidak merata menunjukkan bahwa udara panas belum mampu menjangkau seluruh bagian ruang pengering secara optimal. Distribusi temperatur yang tidak seragam dapat menyebabkan terbentuknya daerah dengan temperatur tinggi (*hot spot*) maupun temperatur rendah (*cold spot*). Kondisi ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan distribusi energi panas yang disebabkan oleh pola aliran udara yang kurang optimal (Aduewa & Solomon, 2022). Laju aliran udara merupakan jumlah udara yang mengalir melalui suatu penampang dalam selang waktu tertentu. Pada sistem *solar drying chamber*, udara berfungsi sebagai media pembawa energi panas dari kolektor surya menuju ruang pengering. Oleh karena itu, laju aliran udara menjadi salah satu parameter penting yang memengaruhi karakteristik aliran dan distribusi temperatur di dalam sistem (Daş, Alıç, & Akpınar, 2021).

Karakteristik aliran udara dalam suatu sistem termal umumnya dianalisis menggunakan bilangan *Reynolds* (*Reynolds Number*). Bilangan *Reynolds* digunakan untuk mengidentifikasi kondisi aliran laminar, transisi, maupun turbulen berdasarkan perbandingan antara gaya inersia dan gaya viskositas fluida. Peningkatan nilai *Reynolds* menunjukkan meningkatnya intensitas pencampuran aliran yang berpotensi menghasilkan distribusi temperatur yang lebih merata. Oleh karena itu, analisis *Reynolds Number* dapat digunakan sebagai pendekatan untuk menjelaskan hubungan antara laju aliran udara dan distribusi temperatur pada *solar drying chamber* (Bakır Gür *et al.*, 2026). Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa variasi laju aliran udara memengaruhi performa sistem pengering tenaga surya. (Koehuana *et al.*, 2021) dan (Koehuan *et al.*, 2023) melaporkan bahwa perubahan kecepatan udara memengaruhi kondisi termal rumah pengering daun kelor berbasis energi surya. (Selan *et al.*, 2023) menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan aliran udara mampu memperbaiki distribusi temperatur di dalam ruang pengering. Penelitian (Punuf *et al.*, 2023) dan (Siagian *et al.*, 2024) juga menunjukkan bahwa variasi aliran udara memberikan pengaruh terhadap karakteristik operasi dan performa termal sistem pengering tenaga surya. Sementara itu, penelitian numerik yang dilakukan oleh (Afham Rahmat *et al.*, 2025), (Kidane *et al.*, 2025), dan (Azmi *et al.*, 2025) menunjukkan bahwa pola aliran udara memiliki hubungan yang erat dengan distribusi temperatur yang terbentuk di dalam ruang pengering.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya mengevaluasi kualitas produk hasil pengeringan atau performa termal sistem pengering secara keseluruhan. Informasi mengenai hubungan langsung antara variasi laju aliran udara, karakteristik aliran yang direpresentasikan

oleh bilangan Reynolds, dan distribusi temperatur pada solar drying chamber tanpa beban pengeringan masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada analisis karakteristik dasar aliran dan distribusi temperatur untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai pengaruh laju aliran udara terhadap kondisi termal ruang pengering. Penelitian mengenai pengaruh laju aliran udara pada sistem pengering telah banyak dilakukan. Kajian terhadap penelitian tersebut penting untuk mengetahui metode yang digunakan serta hasil yang diperoleh sehingga dapat menjadi referensi dalam penelitian ini. Penelitian yang dilakukan oleh (Yassen & Al-Jethela, 2020) menunjukkan bahwa variasi kecepatan aliran udara berpengaruh terhadap distribusi temperatur dan kelembaban di dalam ruang pengering sehingga dapat meningkatkan efisiensi proses pengeringan. Hal serupa juga ditunjukkan oleh (Apriliani, et al., 2023) yang menyatakan bahwa kecepatan aliran udara merupakan parameter penting dalam proses pengeringan karena dapat mempercepat penurunan kadar air bahan.

Meskipun penelitian ini dilakukan tanpa menggunakan material pengering (tanpa beban), pendekatan tersebut merupakan tahapan eksperimen yang sangat penting karena menghasilkan baseline data atau data acuan dasar mengenai karakteristik termal intrinsik solar drying chamber. Pada kondisi tanpa beban, distribusi temperatur dan pola aliran udara yang diamati sepenuhnya dipengaruhi oleh konfigurasi geometris ruang pengering, sistem sirkulasi udara, serta kondisi operasi, tanpa adanya pengaruh perpindahan panas dan massa akibat proses pengeringan produk. Dengan demikian, hasil penelitian ini merepresentasikan karakter termal murni dari kabinet pengering, sehingga dapat digunakan sebagai referensi untuk mengevaluasi pengaruh penambahan material pengering pada penelitian selanjutnya. Baseline termal tersebut juga memungkinkan pemisahan antara pengaruh desain sistem dan pengaruh beban pengering terhadap distribusi temperatur, sehingga analisis performa termal pada tahap pengembangan berikutnya dapat dilakukan secara lebih objektif, terukur, dan ilmiah.

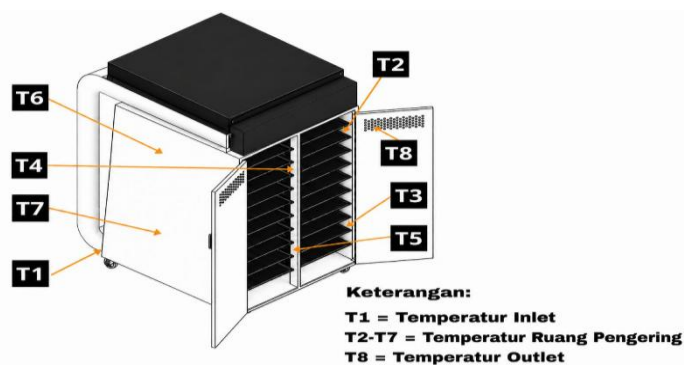
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis pengaruh laju aliran udara terhadap karakteristik aliran dan distribusi temperatur pada *solar drying chamber*. Sistem pengering yang digunakan terdiri atas kolektor surya, saluran udara (*ducting*), ruang pengering, dan enam kipas hisap yang berfungsi menghasilkan aliran udara secara konveksi paksa (*forced convection*). Radiasi matahari diserap oleh kolektor surya sehingga meningkatkan temperatur udara di dalam kolektor. Udara panas kemudian dialirkan melalui saluran udara menuju ruang pengering dan didistribusikan ke seluruh bagian ruang pengering oleh kipas hisap. Selanjutnya udara keluar melalui lubang ventilasi yang terdapat pada pintu ruang pengering. Pengujian dilakukan di halaman Laboratorium Konversi Energi, Fakultas Teknik Universitas Widyatama, Bandung, Indonesia. Pengambilan data dilakukan pada kondisi cuaca cerah untuk memastikan kolektor surya menerima radiasi matahari secara optimal. Pengujian dilaksanakan pada rentang waktu pukul 08.00–16.00 WIB dengan memanfaatkan energi surya sebagai sumber energi utama sistem pengering.



Gambar 1. Solar Drying Chamber Yang Digunakan Dalam Penelitian

Sistem pengering yang digunakan merupakan unit tunggal pengering berbasis energi surya yang dirancang untuk meningkatkan efektivitas perpindahan panas serta sirkulasi udara di dalam sistem. Udara panas yang dialirkan ke dalam ruang pengering secara paksa menghasilkan mekanisme konveksi paksa yang mampu meningkatkan efisiensi pengeringan dibandingkan konveksi alami (Mulkan *et al.*, 2021; Selvaraj *et al.*, 2021). Komponen utama alat ini berupa ruang pengering dengan dimensi (900 × 800 × 1200) mm yang terbuat dari lembaran aluminium dan dilengkapi lapisan isolasi *glass wool* guna mengurangi kehilangan panas selama proses pengeringan. Bagian dalam dinding ruang pengering dilapisi aluminium *foil* untuk menjaga higienitas sekaligus mencegah terjadinya kontaminasi. Selain itu, Sistem pengering terdiri atas kolektor surya, kipas, saluran udara, ruang pengering, dan sistem akuisisi data. Ruang pengering digunakan untuk mengamati karakteristik aliran dan distribusi temperatur pada berbagai variasi laju aliran udara. Rak pengering tetap digunakan sebagai bagian konfigurasi alat, namun penelitian tidak menggunakan material pengering sehingga analisis difokuskan pada performa termal sistem.



Gambar 2. Posisi Titik Pengukuran Temperatur Pada Solar Drying Chamber

Titik T1 digunakan untuk mengukur temperatur udara masuk (inlet) dari kolektor surya menuju ruang pengering. Titik T2 hingga T7 digunakan untuk mengukur distribusi temperatur pada berbagai posisi di dalam ruang pengering. Sementara itu, titik T8 digunakan untuk mengukur temperatur udara keluar (outlet) melalui ventilasi pada pintu ruang pengering. Posisi titik pengukuran temperatur ditunjukkan pada Gambar 2. Pengukuran temperatur pada titik T1 hingga T8 dilakukan menggunakan thermocouple tipe-T yang terhubung dengan data logger sehingga data dapat direkam secara kontinu selama pengujian. Selain temperatur pada setiap titik pengukuran, parameter lain yang diamati meliputi temperatur lingkungan, kelembaban relatif udara, radiasi matahari, dan kecepatan udara. Kecepatan udara diukur menggunakan anemometer yang ditempatkan pada bagian inlet sistem sebelum udara memasuki ruang pengering. Seluruh data hasil pengukuran digunakan untuk menganalisis distribusi temperatur dan karakteristik aliran udara pada sistem pengering. Metode pengukuran ini umum digunakan dalam penelitian sistem pengering tenaga surya untuk memperoleh data yang akurat (Imanda & Meutia, 2024; Selan *et al.*, 2023).

Variasi laju aliran udara diatur dengan mengubah kecepatan kipas sehingga diperoleh variasi kecepatan udara sebesar 2,4 m/s, 2,6 m/s, 2,8 m/s. Variasi ini dipilih untuk menganalisis pengaruh laju aliran udara terhadap karakteristik aliran dan distribusi temperatur ruang pengering. Kecepatan udara merupakan salah satu parameter utama yang mempengaruhi distribusi temperature karena berkaitan langsung dengan perpindahan panas konveksi (Murthi *et al.*, 2025; Tsopbou Ngueagni & Mawire, 2025). Data hasil pengukuran diolah untuk memperoleh parameter aliran udara dan distribusi temperatur *pada solar drying chamber*. Debit aliran udara digunakan untuk mengetahui volume udara yang mengalir melalui saluran udara setiap satuan waktu. Debit aliran udara dihitung berdasarkan hasil kali luas penampang aliran dan kecepatan udara sebagaimana dinyatakan pada Persamaan (1) (Sileshi *et al.*, 2022).

$$Q = AV$$

Di mana Q adalah debit aliran udara (m^3/s), A adalah luas penampang aliran (m^2), V adalah kecepatan udara (m/s). Selain debit aliran udara, analisis juga dilakukan terhadap laju aliran massa udara. Parameter ini digunakan untuk menggambarkan jumlah massa udara yang mengalir melalui saluran udara setiap satuan waktu. Laju aliran massa udara dihitung menggunakan Persamaan (2) (Junaidi *et al.*, 2021).

$$\dot{m} = \rho AV$$

Di mana $\dot{m}$ adalah laju aliran massa udara (kg/s), ρ adalah densitas udara (kg/m^3), A adalah luas penampang aliran udara (m^2), V adalah kecepatan udara (m/s). Nilai laju aliran massa udara digunakan untuk menunjukkan pengaruh perubahan kecepatan udara terhadap jumlah massa udara yang mengalir di dalam sistem. Setelah diperoleh laju aliran massa udara, selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui karakteristik aliran di dalam ruang pengering. Karena saluran udara yang digunakan berbentuk persegi panjang, maka diameter hidrolis digunakan sebagai diameter ekuivalen dalam perhitungan karakteristik aliran. Diameter hidrolis dihitung menggunakan Persamaan (3) (Joshi & Sawant, 2020).

$$D_h = \frac{2ab}{a + b}$$

Di mana D_h adalah diameter hidrolis saluran (m), a adalah panjang saluran udara (m), b adalah tinggi saluran udara (m). Karakteristik aliran udara dianalisis menggunakan bilangan Reynolds. Parameter ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis aliran yang terjadi di dalam sistem, yaitu aliran laminar, transisi, atau turbulen. Bilangan Reynolds dihitung menggunakan Persamaan (3) (Joshi & Sawant, 2020).

$$Re = \frac{\rho V D_h}{\mu}$$

Di mana Re adalah bilangan reynold, ρ adalah massa jenis udara (kg/m^3), V adalah kecepatan udara (m/s), D_h adalah diameter hidrolis (m), μ adalah viskositas dinamis udara ($\text{Pa}\cdot\text{s}$). Distribusi temperatur di dalam ruang pengering dianalisis menggunakan temperatur rata-rata yang diperoleh dari enam titik pengukuran, yaitu T2 hingga T7. Temperatur rata-rata ruang pengering dihitung menggunakan Persamaan:

$$T_{avg} = \frac{T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7}{6}$$

Di mana T_{avg} adalah temperatur rata-rata ruang pengering, T2-T7 adalah titik pengukuran temperatur ruang pengering. Temperatur rata-rata digunakan untuk menggambarkan kondisi termal ruang pengering secara keseluruhan pada setiap variasi kecepatan udara. Selain temperatur rata-rata ruang pengering, analisis juga dilakukan terhadap selisih temperatur antara udara masuk dan udara keluar. Parameter ini digunakan untuk menunjukkan perubahan temperatur udara selama melewati ruang pengering. Selisih temperatur dihitung menggunakan Persamaan:

$$\Delta T = T_{out} - T_{in}$$

Di mana ΔT adalah selisih temperatur udara ($^{\circ}\text{C}$), T_{out} adalah temperatur udara keluar ($^{\circ}\text{C}$), T_{in} adalah temperatur udara masuk ($^{\circ}\text{C}$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian disajikan untuk mengevaluasi pengaruh variasi laju aliran udara terhadap karakteristik aliran dan distribusi temperatur pada solar drying chamber. Analisis dilakukan berdasarkan data hasil pengukuran temperatur pada titik pengamatan T1 hingga T8 serta hasil perhitungan parameter aliran yang meliputi debit udara, laju aliran massa udara, dan bilangan Reynolds. Pembahasan difokuskan pada hubungan antara perubahan kecepatan udara, karakteristik aliran yang terbentuk di dalam sistem, serta distribusi temperatur yang terjadi pada ruang pengering. Kondisi lingkungan selama pengujian perlu dianalisis karena dapat memengaruhi performa termal solar drying chamber. Parameter lingkungan yang diamati meliputi temperatur lingkungan dan kelembaban relatif udara. Hasil pengukuran kondisi lingkungan selama pengujian untuk setiap variasi kecepatan udara disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. menunjukkan kondisi lingkungan selama pengujian pada masing-masing variasi kecepatan udara. Temperatur lingkungan rata-rata berada pada rentang 33,7–35,7°C, sedangkan kelembaban relatif rata-rata berada pada rentang 37–45%. Temperatur lingkungan tertinggi diperoleh pada pengujian dengan kecepatan udara 2,8 m/s sebesar 39,4°C, sedangkan temperatur lingkungan terendah diperoleh pada kecepatan udara 2,6 m/s sebesar 27,9°C. Secara umum, kondisi lingkungan selama pengujian masih berada pada rentang yang relatif serupa sehingga variasi kecepatan udara tetap menjadi faktor utama yang memengaruhi karakteristik aliran dan distribusi temperatur pada *solar drying chamber*. Namun demikian, perbedaan temperatur dan kelembaban lingkungan antar hari pengujian tetap berpotensi memberikan pengaruh terhadap temperatur yang dicapai oleh sistem pengering.

Tabel 1. Kondisi Lingkungan Selama Pengujian

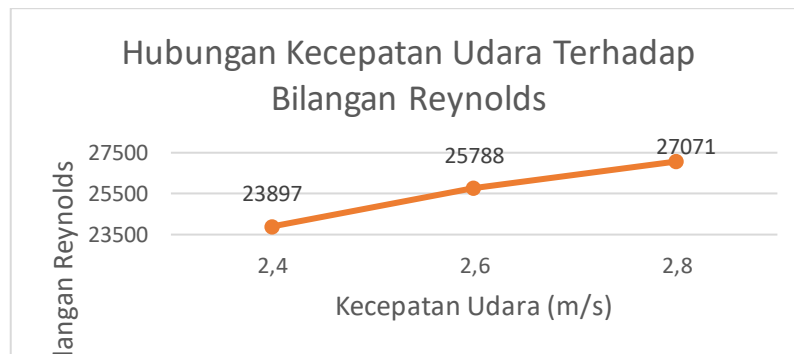
Kecepatan Udara (m/s)	Tamb Rata-rata (°C)	Tamb Min- Max (°C)	RH Rata-rata (%)	RH Min-Max (%)
2,4	35,3	30,1-39,3	39	27-66
2,6	33,7	27,9-37,5	45	32-64
2,8	35,7	28,4-39,4	37	24-47

Karakteristik aliran udara dianalisis melalui parameter debit udara (Q), laju aliran massa udara ($\dot{m}$), dan bilangan Reynolds (Re). Ketiga parameter tersebut digunakan untuk menggambarkan perubahan kondisi aliran akibat variasi kecepatan udara yang diterapkan pada sistem. Hasil perhitungan karakteristik aliran untuk setiap variasi kecepatan udara disajikan pada Tabel 2. Tabel 2. menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan udara menyebabkan peningkatan debit udara, laju aliran massa udara, dan bilangan Reynolds. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan udara yang diberikan, semakin besar jumlah udara yang mengalir di dalam sistem sehingga karakteristik aliran menjadi lebih kuat.

Tabel 2. Karakteristik Aliran Udara Pada Setiap Variasi Kecepatan Udara

Kecepatan Udara (m/s)	Debit Udara, Q (m ³ /s)	Laju Aliran Massa, $\dot{m}$ (kg/s)	Bilangan Reynolds
2,4	0,1728	0,1998	23897
2,6	0,1872	0,2160	25788
2,8	0,2016	0,2292	27071

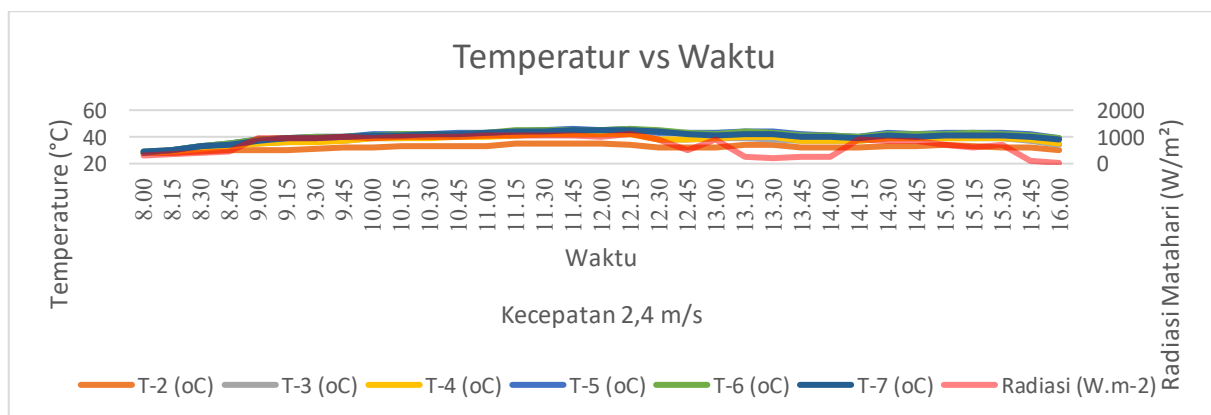
Gambar 3. menunjukkan hubungan antara kecepatan udara dan bilangan Reynolds pada solar drying chamber. Peningkatan kecepatan udara dari 2,4 m/s menjadi 2,8 m/s menyebabkan bilangan Reynolds meningkat dari 23.897 menjadi 27.071. Kenaikan tersebut terjadi karena kecepatan udara berbanding lurus dengan bilangan Reynolds sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (4). Seluruh variasi pengujian menghasilkan nilai Reynolds di atas 4.000 sehingga aliran udara di dalam sistem berada pada kondisi turbulen. Kondisi turbulen menunjukkan bahwa proses pencampuran udara berlangsung lebih intensif sehingga berpotensi meningkatkan pemerataan distribusi temperatur di dalam ruang pengering. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan laju aliran udara mampu memengaruhi karakteristik aliran dan mendukung distribusi panas yang lebih merata pada solar drying chamber.



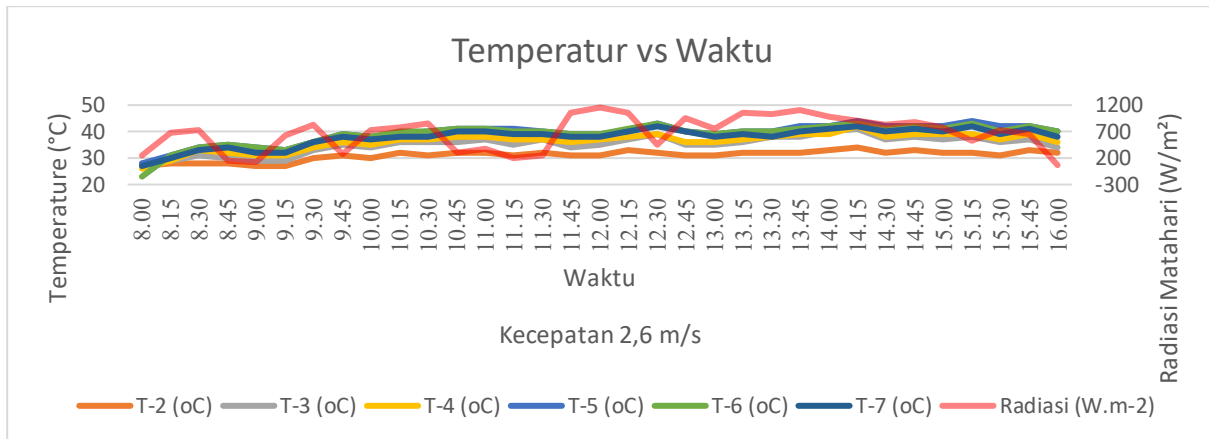
Gambar 3. Grafik Hubungan Kecepatan Udara Terhadap Bilangan Reynolds

Setelah karakteristik aliran udara dianalisis melalui bilangan *Reynolds*, selanjutnya dilakukan analisis distribusi temperatur di dalam ruang pengering. Distribusi temperatur diamati pada titik pengukuran T2 hingga T7 yang mewakili kondisi termal pada berbagai posisi di dalam ruang pengering. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi kecepatan udara terhadap pola penyebaran panas dan tingkat keseragaman temperatur yang terbentuk selama proses pengujian. Hasil pengukuran temperatur pada setiap titik pengamatan untuk kecepatan udara 2,4 m/s, 2,6 m/s, dan 2,8 m/s disajikan pada Gambar 4 hingga Gambar 6.

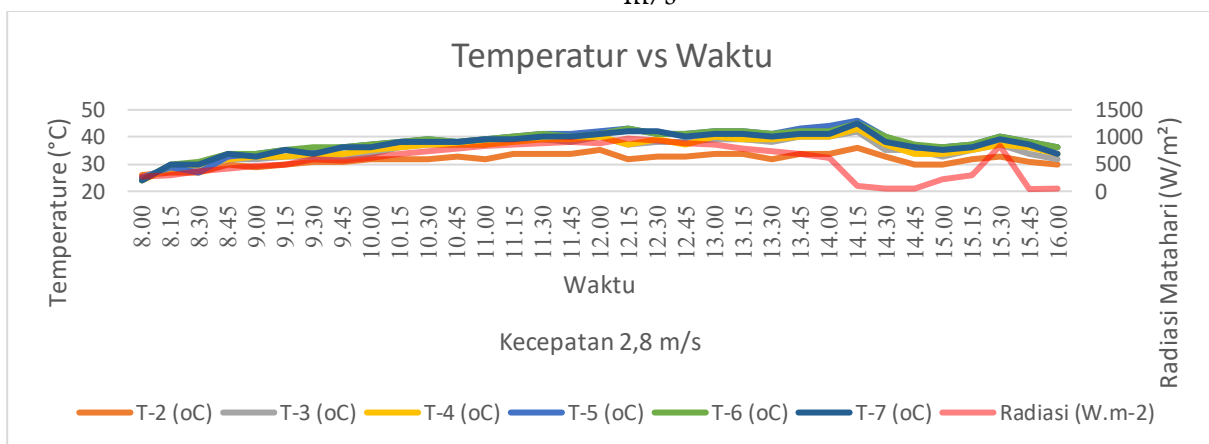
Gambar 4–6 menunjukkan distribusi temperatur pada titik pengukuran T2 hingga T7 untuk variasi kecepatan udara 2,4 m/s, 2,6 m/s, dan 2,8 m/s. Secara umum, temperatur pada seluruh titik pengukuran mengalami peningkatan dari pagi hingga siang hari dan mencapai nilai maksimum pada rentang pukul 12.00–14.00 WIB. Setelah itu temperatur cenderung menurun seiring berkurangnya intensitas radiasi matahari. Peningkatan temperatur yang terjadi mengikuti pola perubahan radiasi matahari yang diterima kolektor surya. Ketika radiasi matahari meningkat, energi panas yang diserap kolektor juga meningkat sehingga temperatur udara yang masuk ke ruang pengering menjadi lebih tinggi. Kondisi ini menyebabkan temperatur pada seluruh titik pengukuran di dalam ruang pengering ikut meningkat. Pada ketiga variasi kecepatan udara, temperatur pada titik T2 hingga T7 menunjukkan pola yang relatif seragam dengan selisih temperatur yang tidak terlalu besar. Hal ini menunjukkan bahwa sistem aliran udara mampu mendistribusikan panas ke berbagai bagian ruang pengering dengan cukup baik. Distribusi temperatur yang relatif merata mengindikasikan bahwa udara panas yang dihasilkan kolektor dapat tersebar ke seluruh ruang pengering melalui mekanisme konveksi paksa yang dihasilkan oleh kipas hisap. Selain itu, peningkatan kecepatan udara dari 2,4 m/s menjadi 2,8 m/s cenderung menghasilkan distribusi temperatur yang lebih seragam. Kondisi ini berkaitan dengan meningkatnya nilai Reynolds Number yang menyebabkan intensitas pencampuran udara menjadi lebih tinggi. Akibatnya, penyebaran panas di dalam ruang pengering menjadi lebih merata sehingga perbedaan temperatur antar titik pengukuran dapat diminimalkan.



Gambar 4. Grafik Temperatur Ruang Pengering Terhadap Waktu Dengan Kecepatan Udara 2,4 m/s

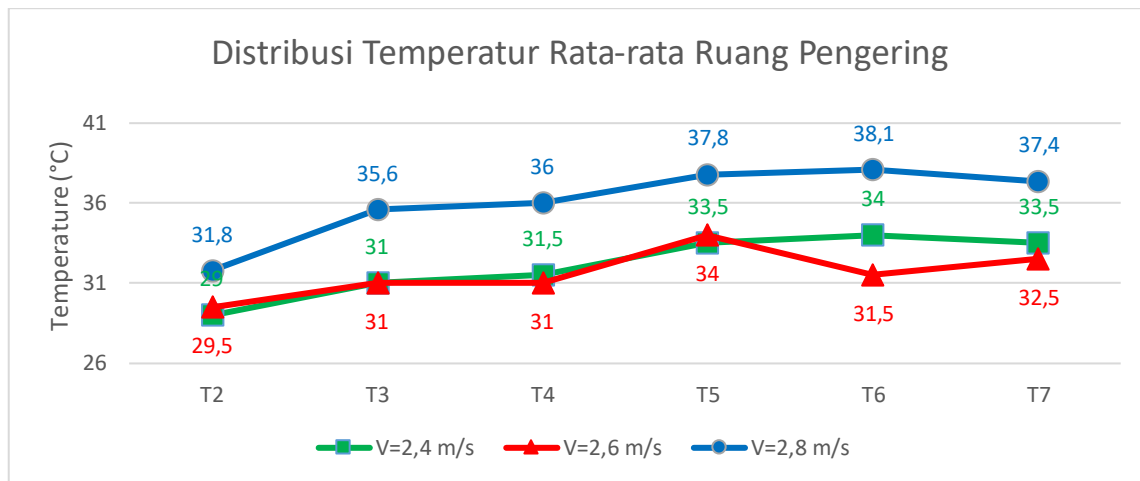


Gambar 5. Grafik Temperatur Ruang Pengering Terhadap Waktu Dengan Kecepatan Udara 2,6 m/s



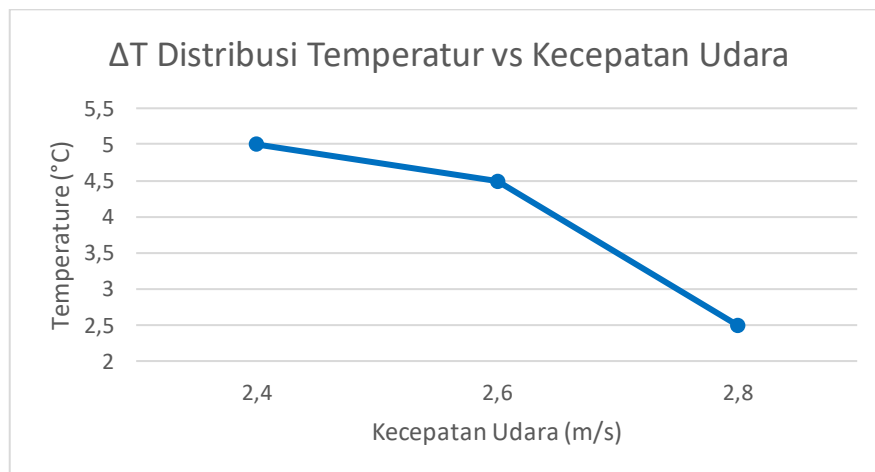
Gambar 6. Grafik Temperatur Ruang Pengering Terhadap Waktu Dengan Kecepatan Udara 2,8 m/s

Gambar 7. menunjukkan distribusi temperatur rata-rata pada setiap titik pengukuran ruang pengering untuk variasi kecepatan udara 2,4 m/s, 2,6 m/s, dan 2,8 m/s. Secara umum, peningkatan kecepatan udara menyebabkan temperatur ruang pengering cenderung meningkat. Variasi kecepatan udara 2,8 m/s menghasilkan temperatur tertinggi pada hampir seluruh titik pengukuran dibandingkan variasi 2,4 m/s dan 2,6 m/s. Pada kecepatan udara 2,8 m/s, temperatur ruang pengering berada pada rentang yang lebih rendah. Sedangkan pada kecepatan 2,4 m/s dan 2,6 m/s temperatur berada pada rentang yang lebih rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan laju aliran udara mampu meningkatkan distribusi panas di dalam ruang pengering sehingga temperatur yang dicapai menjadi lebih tinggi. Selain menghasilkan temperatur yang lebih tinggi, variasi kecepatan udara 2,8 m/s juga menunjukkan distribusi temperatur yang relatif lebih seragam. Hal ini ditunjukkan oleh selisih temperatur antar titik pengukuran yang cenderung lebih kecil dibandingkan variasi lainnya. Kondisi tersebut berkaitan dengan meningkatnya bilangan Reynolds yang menyebabkan intensitas pencampuran udara menjadi lebih tinggi sehingga udara panas dapat tersebar lebih merata ke seluruh bagian ruang pengering. Hasil ini menunjukkan bahwa karakteristik aliran memiliki peran penting dalam menentukan distribusi temperatur pada solar drying chamber. Semakin tinggi kecepatan udara, semakin baik proses pencampuran dan distribusi panas yang terjadi di dalam ruang pengering.



Gambar 7. Grafik Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Distribusi Temperatur Ruang Pengering

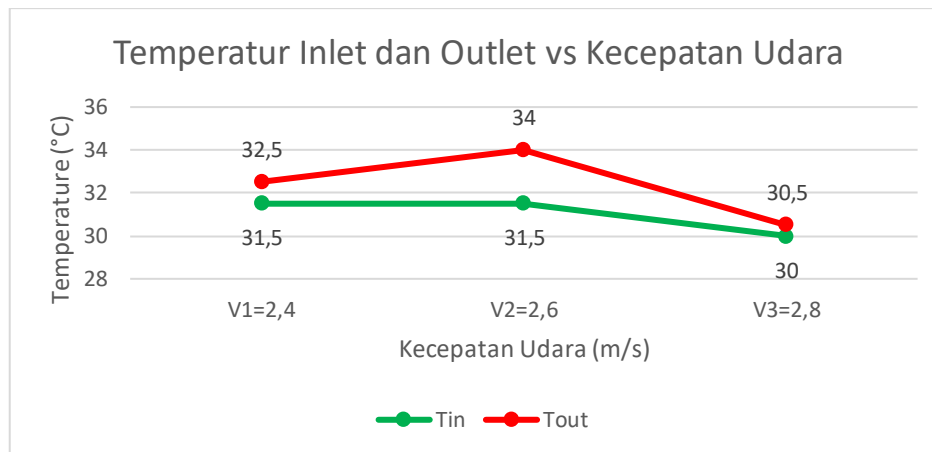
Gambar 8. menunjukkan hubungan antara kecepatan udara dan selisih temperatur distribusi (ΔT) di dalam ruang pengering. Terlihat bahwa peningkatan kecepatan udara menyebabkan nilai ΔT cenderung menurun dari 5,0°C pada kecepatan 2,4 m/s menjadi 2,5°C pada kecepatan 2,8 m/s. Penurunan nilai ΔT menunjukkan bahwa perbedaan temperatur antar titik pengukuran di dalam ruang pengering semakin kecil. Kondisi ini mengindikasikan bahwa distribusi temperatur menjadi lebih seragam seiring meningkatnya kecepatan udara. Pada kecepatan 2,8 m/s diperoleh nilai ΔT terendah, yang menunjukkan tingkat pemerataan temperatur terbaik dibandingkan variasi kecepatan lainnya. Fenomena tersebut berkaitan dengan meningkatnya bilangan Reynolds akibat peningkatan kecepatan udara. Nilai Reynolds yang lebih tinggi menghasilkan intensitas pencampuran udara yang lebih baik sehingga udara panas dapat tersebar secara lebih merata ke seluruh ruang pengering. Dengan demikian, peningkatan laju aliran udara tidak hanya memengaruhi karakteristik aliran, tetapi juga meningkatkan keseragaman distribusi temperatur pada solar drying chamber.



Gambar 8. Grafik Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Distribusi Temperatur

Gambar 9. menunjukkan hubungan antara kecepatan udara terhadap temperatur inlet dan temperatur outlet pada solar drying chamber. Temperatur inlet berada pada rentang 30,0–31,5°C, sedangkan temperatur outlet berada pada rentang 30,5–34,0°C. Pada seluruh variasi pengujian, temperatur outlet memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan temperatur inlet. Kondisi ini menunjukkan bahwa udara mengalami kenaikan temperatur setelah melewati kolektor surya dan ruang pengering akibat penyerapan energi panas dari radiasi matahari. Selisih temperatur terbesar diperoleh pada kecepatan udara 2,6 m/s dengan nilai sekitar 2,5°C. Sementara itu, pada kecepatan

udara 2,8 m/s selisih temperatur menurun menjadi sekitar 0,5°C. Kondisi ini mengindikasikan bahwa peningkatan kecepatan udara tidak selalu menghasilkan kenaikan temperatur outlet yang lebih tinggi karena temperatur sistem juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan intensitas radiasi matahari selama pengujian.



Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Kecepatan Udara Terhadap Temperatur Inlet dan Temperatur Outlet

Meskipun variasi kecepatan udara 2,8 m/s menghasilkan distribusi temperatur paling seragam, hasil penelitian juga menunjukkan adanya konsekuensi terhadap karakteristik perpindahan panas sistem. Pada kecepatan udara yang lebih tinggi, bilangan Reynolds meningkat sehingga intensitas pencampuran udara menjadi lebih baik dan distribusi panas di dalam ruang pengering semakin homogen. Namun demikian, peningkatan kecepatan aliran juga menyebabkan waktu tinggal (*residence time*) udara panas di dalam kolektor dan ruang pengering menjadi lebih singkat. Akibatnya, kesempatan udara untuk menyerap energi panas dari kolektor berkurang sehingga kenaikan temperatur udara menjadi lebih kecil. Fenomena ini terlihat pada hasil pengukuran temperatur inlet dan outlet, di mana selisih temperatur (ΔT) pada kecepatan 2,8 m/s hanya sekitar 0,5°C, lebih rendah dibandingkan variasi 2,6 m/s yang mencapai sekitar 2,5°C. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan laju aliran udara tidak selalu diikuti oleh peningkatan *heat gain* sistem.

Kondisi tersebut menggambarkan adanya *trade-off* antara keseragaman distribusi temperatur dan efisiensi pemanfaatan energi panas. Kecepatan udara yang tinggi memang meningkatkan homogenitas temperatur di dalam ruang pengering, tetapi pada saat yang sama dapat menurunkan efektivitas perpindahan panas karena udara meninggalkan sistem sebelum menyerap energi panas secara optimum. Dari perspektif rekayasa sistem pengering, kondisi ini perlu dipertimbangkan secara hati-hati karena peningkatan kecepatan kipas juga akan meningkatkan konsumsi energi listrik. Apabila peningkatan daya kipas tidak diimbangi dengan peningkatan energi panas yang diserap udara, maka efisiensi energi keseluruhan sistem berpotensi menurun. Dengan demikian, pemilihan kecepatan udara optimum sebaiknya tidak hanya didasarkan pada tingkat keseragaman distribusi temperatur, tetapi juga mempertimbangkan keseimbangan antara kualitas distribusi panas, *heat gain*, dan konsumsi energi kipas.

Perlu ditekankan bahwa penelitian ini dilakukan pada kondisi tanpa beban pengeringan, sehingga *trade-off* yang diperoleh masih merepresentasikan karakteristik termal dasar dari kabinet pengering. Pada kondisi aktual dengan material pengering, sebagian energi panas akan digunakan untuk proses penguapan air sehingga hubungan antara laju aliran udara, distribusi temperatur, *heat gain*, dan konsumsi energi kemungkinan akan berubah. Oleh karena itu, penelitian lanjutan perlu mengintegrasikan analisis kualitas produk, laju pengeringan, efisiensi termal, serta konsumsi daya kipas untuk menentukan kondisi operasi optimum berdasarkan kinerja sistem secara keseluruhan, bukan hanya berdasarkan keseragaman temperatur.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, peningkatan kecepatan udara dari 2,4 m/s menjadi 2,8 m/s menyebabkan bilangan Reynolds meningkat dari 23.897 menjadi 27.071, yang menunjukkan bahwa seluruh variasi pengujian berada pada kondisi aliran turbulen. Distribusi temperatur di dalam ruang pengering mengikuti pola perubahan radiasi matahari dan cenderung menjadi lebih merata pada kecepatan udara yang lebih tinggi. Variasi kecepatan udara 2,8 m/s menghasilkan temperatur ruang pengering yang lebih tinggi serta distribusi temperatur yang paling seragam dibandingkan variasi lainnya. Hal ini ditunjukkan oleh penurunan nilai selisih temperatur distribusi (ΔT) dari 5,0°C pada kecepatan 2,4 m/s menjadi 2,5°C pada kecepatan 2,8 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan laju aliran udara berpengaruh terhadap karakteristik aliran dan keseragaman distribusi temperatur pada solar drying chamber, dengan kondisi terbaik diperoleh pada kecepatan udara 2,8 m/s.

Berdasarkan hasil penelitian, peningkatan kecepatan udara dari 2,4 m/s menjadi 2,8 m/s meningkatkan bilangan Reynolds dari 23.897 menjadi 27.071 sehingga seluruh variasi pengujian berada pada kondisi aliran turbulen. Peningkatan kecepatan udara juga menghasilkan distribusi temperatur yang semakin seragam, yang ditunjukkan oleh penurunan nilai ΔT distribusi dari 5,0°C menjadi 2,5°C. Pada kondisi pengujian tanpa beban pengeringan, variasi kecepatan udara 2,8 m/s memberikan karakteristik aliran dan keseragaman distribusi temperatur terbaik di dalam solar drying chamber. Namun demikian, temuan tersebut berlaku secara spesifik pada karakteristik aerodinamis dan termal internal ruang pengering tanpa adanya material pengering. Pada kondisi operasi aktual, keberadaan produk pada rak pengering akan meningkatkan hambatan aliran (back-pressure), mengubah distribusi kecepatan udara, serta memengaruhi karakteristik perpindahan panas dan distribusi temperatur di dalam ruang pengering. Oleh karena itu, kecepatan udara optimum yang diperoleh pada penelitian ini belum dapat digeneralisasi sebagai kondisi operasi terbaik untuk proses pengeringan sesungguhnya.

Dengan demikian, hasil penelitian ini berfungsi sebagai baseline karakterisasi termal dan aerodinamis sistem sebelum diberi beban pengeringan. Penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan berbagai jenis dan jumlah material pengering untuk mengevaluasi pengaruh back-pressure terhadap distribusi aliran udara, performa termal, laju pengeringan, kualitas produk, serta efisiensi energi, sehingga kondisi operasi optimum dapat ditentukan berdasarkan kinerja sistem pengering secara menyeluruh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) atas dukungan fasilitas, sarana penelitian, dan pendampingan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Apresiasi juga disampaikan kepada Universitas Widyatama Bandung atas dukungan akademik serta penyediaan lingkungan penelitian yang kondusif. Kontribusi kedua institusi tersebut sangat berperan dalam mendukung keberhasilan penelitian ini, khususnya dalam menghasilkan data eksperimen yang diperlukan untuk menganalisis karakteristik aliran dan distribusi temperatur pada solar drying chamber.

DAFTAR PUSTAKA

- Aduewa, T., & Solomon, O. A. (2022). Analysis of Hot-Air Supplemented Solar Drying Using Computational Fluid Dynamics Technique. *J. Appl. Sci. Eng. Technol. Educ*, 16-26, vol. 4, no. 1, doi: 10.35877/454RI.asci615.
- Afham Rahmat, M. A., Ibrahim, A., Aziat Ishak, M. A., Syafiq, U., & Al-Arife, K. M. (2025). Numerical investigation of thermal and airflow profiles in diverse solar dryer chamber configurations. *Case Studies in Thermal Engineering*, 73(June), 106612. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2025.106612>
- Apriliani, R. N., Sahara, S., Soeswanto, B., Lintang, N., & Wahyuni, E. (2023). Chemica Isola Pengaruh Kecepatan Udara dan Adsorben pada Pengeringan Bunga Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) Menggunakan Fluidized Bed Dryer. *Chem. Isola*, vol. 3, no. 1, pp. 150–155, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal>.

- Azmi, M. A. A., Razak, A. A., Tarminzi, M. A. S. M., Sharol, A. F., Yudin, A. S. M., & Majid, Z. A. A. (2025). Computational fluid dynamics-based optimization of inclined slotted solar drying chamber for enhanced Citrus hystrix drying: Experimental validation and numerical analysis. *Next Energy*, 8(May), 100365. <https://doi.org/10.1016/j.nxener.2025.100365>
- Bakır Gür, E., Işık, E., & Uçar, A. (2026). Numerical analysis of PCM integrated in solar dryers for thermal efficiency. *Ain Shams Engineering Journal*, 17(1). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2025.103847>
- Chan, Y., & Darius, A. (2018). Analisis Pengeringan Sohun Dengan Mesin Pengering Hybrid Tipe Konveyor Otomatis. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 4(2), 39–42. <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jwl>
- Daş, M., Alıç, E., & Akpınar, K. (2021). Numerical and experimental analysis of heat and mass transfer in the drying process of the solar drying system. *Eng. Sci. Technol. an Int. J*, 236–246, doi: 10.1016/j.jestch.2020.10.003.
- Ennissioui, J., Benghoulam, E. M., & El Rhafiki, T. (2023). Experimental study of a natural convection indirect solar dryer. *Heliyon*, 9(11), e21299. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21299>
- Fauzun, F., Tamtomo, D. E., Rahman, M. A., Hidayat, A. F., & Yogiswara, C. W. (2025). Simulasi Cfd Proses Perpindahan Panas Pada Mesin Pengering Sohun Kapasitas 20 Kg Dengan Variasi Bukaam Damper. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 11(1), 1. <https://doi.org/10.31884/jtt.v11i1.587>
- Imanda, N., & Meutia, S. (2024). Analisis Pengeringan Biji Kopi Dengan Pengaruh Kecepatan Udara Menggunakan Solar Dryer Berbasis IoT. *Jurnal Sains Dan Teknologi 4.0*, 1(2), 8–10. <https://jurnal.komputasi.org/index.php/jst/article/view/21>
- Joshi, S. R., & Sawant, S. M. (2020). *NUMERICAL ANALYSIS OF SOLAR DRYING CHAMBER for AGRICULTURAL PRODUCTS USING CFD*. 868–871.
- Junaidi, J., Kurniawan, E., & Lasmana, A. (2021). Analisis Laju Aliran Udara dan Laju Aliran Massa Bahan Bakar Terhadap Beban Pembakaran Sampah pada Incinerator Berbahan Bakar Limbah Oli Bekas. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 5(1), 17. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v5i1.838>
- Kidane, H., Farkas, I., & Buzás, J. (2025). Enhancing the drying uniformity in solar drying systems: Computational and experimental study. *International Journal of Thermofluids*, 29(September 2025). <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2025.101408>
- Koehuan, V. A., Unarajan, M. K., & Riwu, D. B. N. (2023). *Studi eksperimen rumah pengering ultra-violet (solar dryer) sistem hibrid tungku biomassa melalui variasi kecepatan aliran udara panas*. 4(January), 37–46. <https://10.0.94.63/armatur.v4i1.3296> Received
- Koehuana, V. A., Goab, K. Y., & Jafri, M. (2021). Pengujian Rumah Pengering Daun Kelor dengan Efek Rumah Kaca (Solar Dryer) Melalui Variasi Kecepatan Udara. *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*, 5(2), 68–81. <https://doi.org/10.18196/jmpm.v5i2.13899>
- Mulkan, A., Zulfadli, T., Kunci, K., Surya, K., Udara, A., Thermal, E., & Kopi, B. (2021). Pengaruh penggunaan blower pada kolektor surya sebagai alat alternatif untuk meningkatkan kualitas hasil pengeringan biji kopi di daerah aceh. *Jurnal Polimesin*, 19(1), 35–39.
- Murthi, M. K., Munimathan, A., Kareemullah, M., & Yunus Khan, T. M. (2025). Experimental analysis and optimization of an indirect solar dryer integrated with heat exchanger for enhanced exhaust air utilization. *Case Studies in Thermal Engineering*, 75(May), 107101. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2025.107101>
- Punuf, R., Riwu, D. B. N., & Koehuan, V. A. (2023). Eksperimen Rumah Pengering Ikan Sarden Model Ultra Violet (UV) Solar Dryer Kombinasi dengan Sistem Solar Air Heater Melalui Variasi Kecepatan Udara Keluar. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana*, 10(01), 42–55. <https://doi.org/10.35508/ljtmu.v10i01.11986>
- Selan, L., Koehuan, V. A., & Sanusi, A. (2023). Analisis Eksperimental Variasi Kecepatan Aliran Udara Panas Pada Proses Pengeringan Ikan Menggunakan Rumah Pengering Tipe UV Solar Dryer. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana*, 10(02), 35–41. <https://doi.org/10.35508/ljtmu.v10i02.9014>

- Selvaraj, M., Sadagopan, P., & Vijayan, S. (2021). Investigation of the thermal performance of an indirect forced convection solar dryer for tapioca chips drying. *Desalination and Water Treatment*, 230, 430–441. <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.27545>
- Setiawan, B., Muslimin Ilham, M., & Fauzi, A. S. (2021). Analisis Temperatur Terhadap Hasil Pengeringan pada Mesin Pengering Cengkeh. *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, 5(3), 77–82.
- Siagian, P., Napitupulu, F. H., Ambarita, H., Sihombing, H. V., Sibagariang, Y. P., & Siagian, H. S. (2024). The Effect of Varying the Air Flow in a Solar Collector on the Quality of Arabica Coffee Beans. *Fluids*, 9(3), 1–13. <https://doi.org/10.3390/fluids9030075>
- Sileshi, S. T., Hassen, A. A., & Adem, K. D. (2022). Simulation of mixed-mode solar dryer with vertical air distribution channel. *Heliyon*, 8(11), e11898. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11898>
- Tsopbou Ngueagni, P., & Mawire, A. (2025). Experimental drying characteristics of a portable solar dryer for apple slices in consecutive and continuous tests. *Scientific African*, 30(August), e03012. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2025.e03012>
- Yassen, T., & Al-Jethela, M. (2020). International Journal of Heat and Technology: Foreword. *Int. J. Heat Technol*, vol. 26, no. 1, p. 107.