

INOVASI PENGERINGAN BUNGA ROSELLA RAMAH LINGKUNGAN: PEMANFAATAN TEKNOLOGI SOLAR FOOD HYDRATOR

Muhammad Afif Alhalim^a, Ivan Maulana^a, Erganata Surya Buana^a,
Wiliandi Saputro^{a*}

^a Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional
“Veteran” Jawa Timur

*Email Korespondensi: wiliandi.saputro.tm@upnjatim.ac.id
[Phone: 081360241248](tel:081360241248)

Abstrak: *One of the most abundant commodities in Selopanggung village, Kediri Regency, is the rosella flower. Rosella flowers have numerous benefits when processed. However, the processing of rosella flowers in the community still uses conventional methods. The drying process is ineffective because it requires a lot of time and labor. This condition indicates that conventional drying can reduce the quality of rosella flowers. A drying machine with solar food dehydrator technology is one of the tools that can be used to produce high-quality rosella flowers. Drying at a temperature of 70°C is the most effective type, resulting in the lowest final mass and a high heat transfer rate. The appropriate drying time for rosella flowers, resulting in a final mass of 0.205-0.152 kg with a final mass percentage of 15%, shows that the drying rate achieved is $1,33 \times 10^{-4}$ kg/m².h at a temperature of 70°C and $1,25 \times 10^{-4}$ kg/m².h at a temperature of 65°C*

Keywords : *Rosella, Dried Rosella, Heater, Heat Transfer, Water Content.*

1. PENDAHULUAN

Bunga rosella tumbuh di daerah tropis dengan tanah yang lembab. Dari berbagai penelitian menunjukkan bahwa kelopak bunga rosella mengandung zat-zat bermanfaat bagi tubuh manusia, termasuk antioksidan dan komponen lain yang membantu proses metabolisme tubuh manusia. Umumnya, pohon rosella produktif dalam rentang usia 5 bulan hingga 2 tahun sebelum akhirnya bunga-bunga itu gugur [1]. Untuk beregenerasi, pohon rosella memperbanyak diri melalui penyebaran bijinya. Masyarakat biasanya mengonsumsi kelopak bunga rosella yang berwarna merah sebagai bagian dari pengobatan untuk beberapa penyakit seperti tumor, kanker, diabetes, dan tekanan darah tinggi karena kandungan antioksidannya [2].

Masyarakat sering mengawetkan bunga rosella dengan menjemurnya di bawah sinar matahari secara langsung. Para petani biasanya menjemur sekitar 150 Kg sekaligus. Untuk memperoleh kualitas terbaik, idealnya kelopak bunga rosella dijemur selama 3 hari [3]. Proses konvensional ini menggunakan alas terpal plastik di tanah atau lantai saat menjemur di bawah sinar matahari langsung [4]. Namun, cara ini dapat memengaruhi kualitas kelopak bunga rosella karena berpotensi membuatnya berkeriput, menyebabkan warnanya tidak cerah, bahkan bisa tumbuh jamur. Pada musim kemarau atau hujan, penjemuran yang kurang optimal bisa membuat kelopak bunga rosella menjadi gosong, kotor, atau berjamur, mengurangi higienitasnya [5].

Jika kelopak bunga rosella teroksidasi karena proses penjemuran yang kurang baik, ini dapat mengakibatkan kerugian ekonomis bagi petani karena nilai jualnya akan menurun [6]. Meskipun kelopak bunga rosella memiliki nilai jual tinggi ketika dijadikan minuman botani, komoditas ini berhasil menembus pasar nasional dan bahkan diekspor ke negara seperti Korea Selatan dan Thailand. Untuk meningkatkan kualitas dan efektifitas produksi komoditas kelopak bunga rosella, dari budidaya hingga penjualan, petani membutuhkan suatu teknologi yang dapat membantu proses pengeringan kelopak bunga rosella [3].

Teknologi mesin *solar food hydrator* adalah salah satu solusi teknologi yang [7] dibutuhkan oleh para produsen bunga rosella. *Solar food hydrator* diperlukan kapasitas produksi yang cukup untuk memaksimalkan hasil. Selain itu penggunaan *Solar food hydrator* juga dapat menghasilkan produk yang lebih higienis dikarenakan bahan mentah tidak bersentuhan langsung dengan udara luar [8]. Dengan teknologi *Solar food hydrator* bunga rosella yang masih basah akan diletakkan dalam tempat tertutup yang dialiri udara panas didalamnya. Penelitian terkait pengeringan bunga rosella menggunakan mesin sebelumnya telah diteliti dengan

mesin pengering bunga rosella konvensional dengan metode prekondensasi udara, mesin yang dirancang menggunakan sumber energi listrik PLN sehingga biaya yang diperlukan sangat tinggi.

Oleh karena itu, untuk mengurangi cost produksi kami memiliki konsep dengan menggunakan *solar cell* sebagai sumber energi yang dilengkapi dengan baterai sebagai penyimpan daya

2. METODE PENELITIAN

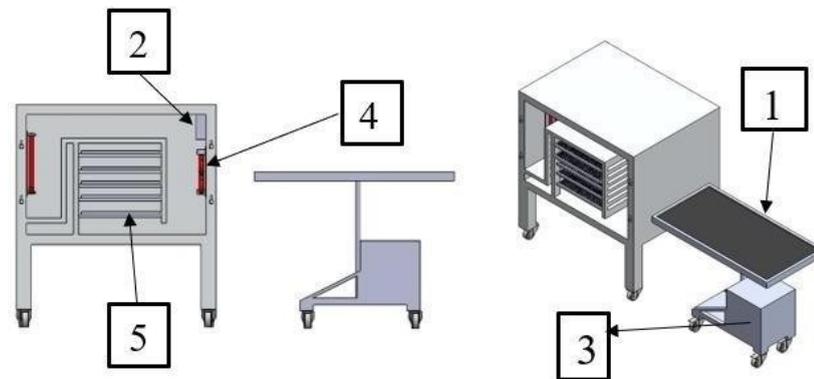
Metode penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan studi eksperimental dengan meninjau hubungan antara peningkatan temperatur terhadap laju pengeringan, kadar akhir air, bilangan Reynolds, laju perpindahan panas secara konduksi, konveksi. Data penelitian diolah menggunakan analisis matematis.

2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Bunga Rosella yang diperoleh dari Desa Selopaanggung, Kabupaten Kediri. Sebelum dilakukan percobaan dilakukan analisis terhadap bunga rosella yang meliputi nilai kadar kandungan air pada bunga rosella, data tersebut digunakan sebagai informasi dasar dalam penelitian untuk membandingkan hasil pengeringan secara konvensional dengan *Solar Food Hydrator*.

2.2 Experimental Setup

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental dan simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD). Pengujian dilakukan di Balai Desa Selopaanggung, Desa Selopaanggung, Kabupaten Kediri.



Gambar 1: Skema Mesin *Solar Food Hydrator*

Keterangan :

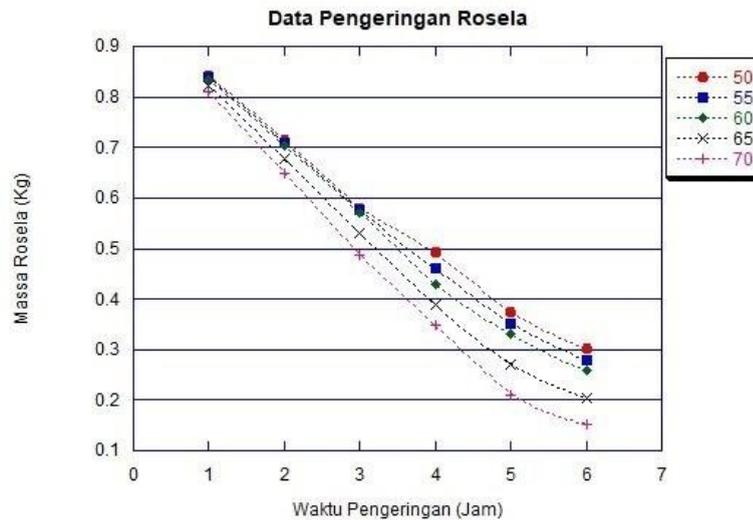
1. Panel surya 500 wp
2. Fan
3. Panel box
4. Coil
5. Tray

Pengujian dilakukan pada mesin pengering berkapasitas 50 kg, panjang 2 meter, tinggi 1,5 meter, dan tinggi 1,5 meter. Pemanasan yang digunakan adalah dua *coil* turbular 250W.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Data Pengeringan Rosella

Data pengeringan bunga rosella ditentukan variasi temperature ruang mesin pengering terhadap 1 Kg bunga rosella dalam waktu pengeringan selama 6 jam untuk masing-masing temperatur yang diinginkan.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Massa Bunga Rosella Terhadap Waktu Pengeringan

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara pengaruh temperatur mesin pengering terhadap massa bunga rosella (kg) dengan variasi temperatur 50°C, 55°C, 60°C, 65°C, dan 70°C dengan interval 5°C. Proses pengeringan bunga rosella pada berbagai variasi suhu memberikan hasil yang signifikan dalam hal perubahan massa akhir bunga. Dari hasil penelitian, terlihat bahwa semakin tinggi suhu pengeringan yang digunakan, semakin rendah massa akhir bunga rosella yang diperoleh setelah proses pengeringan selesai. Pada suhu pengeringan 50°C, massa akhir bunga rosella tercatat sebesar 0,302 kg, sementara pada suhu 55°C, massa bunga turun menjadi 0,28 kg. Pada suhu yang lebih tinggi, yaitu 60°C, massa akhir bunga berkurang lebih jauh menjadi 0,258 kg. Selanjutnya, pada suhu 65°C, massa akhir semakin berkurang hingga mencapai 0,205 kg, dan pada suhu tertinggi yang diuji, yaitu 70°C, massa akhir bunga rosella adalah yang paling rendah, yaitu hanya 0,152 kg. Penurunan massa ini secara konsisten mengikuti pola menurun seiring dengan peningkatan suhu.

Hasil ini menunjukkan bahwa ada hubungan langsung antara peningkatan suhu pengeringan dengan penurunan massa bunga rosella. Artinya, semakin tinggi suhu pengeringan yang digunakan, semakin cepat massa bunga berkurang, yang mengindikasikan terjadinya penguapan air secara lebih efisien pada suhu yang lebih tinggi. Proses penguapan ini sangat penting dalam pengeringan bahan biologis seperti bunga rosella karena sebagian besar berat awal bunga terdiri dari air. Ketika bunga terkena suhu panas selama pengeringan, air yang terkandung di dalamnya akan menguap, dan seiring berjalannya waktu, jumlah air yang tersisa semakin sedikit, yang mengakibatkan penurunan massa bunga.

Parameter penting yang digunakan dalam penelitian ini adalah penimbangan massa bunga setiap satu jam selama proses pengeringan. Metode ini membantu untuk secara akurat memantau laju penurunan massa dan menentukan kapan bunga telah mencapai kondisi kering yang diinginkan. Dengan memantau massa secara berkala, dapat diketahui seberapa cepat air menguap dari bunga pada suhu tertentu. Misalnya, pada suhu yang lebih rendah, seperti 50°C, proses penguapan air cenderung berlangsung lebih lambat, sehingga massa akhir bunga tidak terlalu drastis menurun. Namun, pada suhu yang lebih tinggi, seperti 70°C, laju penguapan air meningkat secara signifikan, sehingga bunga lebih cepat mengalami pengurangan massa.

Peningkatan suhu mempercepat proses penguapan air karena panas yang diterima oleh bunga rosella mempercepat gerakan molekul air, yang membuat air lebih mudah keluar dari jaringan bunga dan terbawa oleh aliran udara panas. Ini mengakibatkan penguapan air yang lebih cepat dan, pada akhirnya, penurunan massa yang lebih signifikan. Pada suhu yang lebih tinggi, pengeringan terjadi lebih efisien karena lebih banyak air yang dapat diuapkan dalam waktu yang lebih singkat.

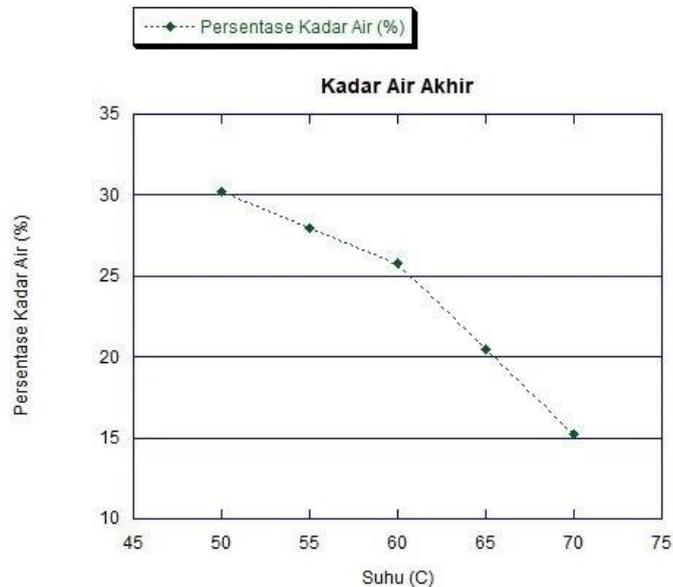
Selain itu, penguapan air yang lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi juga memungkinkan bunga mencapai kondisi kering yang diinginkan dengan lebih cepat. Kondisi kering ini penting untuk memastikan bunga rosella dapat disimpan lebih lama tanpa risiko pertumbuhan mikroba atau kerusakan akibat kelembaban. Dalam hal ini, pengeringan pada suhu yang lebih tinggi tidak hanya mempercepat proses, tetapi juga meningkatkan kualitas pengeringan secara keseluruhan dengan mengurangi risiko kerusakan selama penyimpanan.

Namun, penting untuk dicatat bahwa meskipun pengeringan pada suhu yang lebih tinggi dapat lebih efisien dalam mengurangi massa akhir bunga rosella, ada batas optimal untuk suhu yang digunakan. Jika suhu terlalu tinggi, hal ini bisa berdampak negatif pada kualitas bunga, seperti kehilangan komponen kimia yang penting atau perubahan warna dan tekstur. Oleh karena itu, dalam praktiknya, perlu dilakukan pemilihan suhu pengeringan yang optimal untuk memastikan bahwa tidak hanya massa yang dikurangi, tetapi kualitas bunga rosella tetap terjaga.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa suhu pengeringan yang lebih tinggi dapat menghasilkan penurunan massa yang lebih besar pada bunga rosella, yang sebagian besar disebabkan oleh penguapan air yang lebih cepat. Pemantauan massa setiap jam selama proses pengeringan sangat penting untuk memastikan bunga mencapai tingkat kekeringan yang optimal, di mana air telah berkurang secara signifikan tetapi tanpa mengorbankan kualitas bunga itu sendiri.

3.2 Presentase Kadar Air

Didapatkan presentase kadar air bunga rosella yang di tafsirkan dalam bentuk grafik pada gambar 3. Sebagai berikut.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Presentase Kadar Air Terhadap Temperatur

Gambar 3. menunjukkan hubungan antara kadar air akhir (%) dengan temperatur (°C) bunga rosella pada massa awal bunga rosella 1 kg. Hasil pengeringan bunga rosella pada berbagai variasi suhu menunjukkan bahwa kadar air akhir yang tersisa dalam bahan cenderung menurun seiring dengan peningkatan suhu pengeringan. Pada suhu 50°C, kadar air akhir yang tersisa mencapai 30%, namun ketika suhu dinaikkan menjadi 55°C, kadar air yang tersisa turun menjadi 28%. Pada suhu yang lebih tinggi, yaitu 60°C, kadar air akhir berkurang lebih lanjut hingga mencapai 25%. Proses pengeringan yang dilakukan pada suhu 65°C menghasilkan kadar air akhir sebesar 20%, dan pengeringan pada suhu tertinggi, yaitu 70°C, menghasilkan kadar air akhir yang paling rendah, hanya 15%. Proses ini menunjukkan tren yang sangat jelas, di mana semakin tinggi suhu yang digunakan selama pengeringan, semakin rendah kadar air yang tersisa dalam bunga rosella.

Pengeringan bunga rosella dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan massa awal 1 kg, dan proses pengeringan berlangsung selama total 6 jam. Pengukuran kadar air dilakukan pada akhir proses pengeringan untuk menentukan seberapa banyak air yang tersisa dalam bunga setelah pemanasan pada berbagai suhu. Penurunan kadar air akhir yang teramati pada setiap kenaikan suhu menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara suhu pengeringan dan pengurangan kadar air dalam bahan. Hal ini dapat dijelaskan melalui prinsip dasar penguapan, di mana semakin tinggi suhu, semakin cepat air di dalam bunga rosella menguap dan terbawa keluar dari jaringan bunga.

Pada suhu yang lebih tinggi, energi panas yang diberikan kepada bunga rosella menyebabkan molekul air dalam bunga bergerak lebih cepat, yang mempermudah air untuk keluar dari bahan dan menguap ke udara. Hal ini menyebabkan bunga rosella menjadi lebih kering dalam waktu yang lebih singkat, yang mengakibatkan penurunan kadar air yang lebih signifikan dibandingkan dengan pengeringan pada suhu yang lebih rendah. Oleh karena itu, suhu pengeringan yang lebih tinggi sangat efektif dalam mengurangi kadar air akhir dari bahan, seperti yang terlihat pada hasil pengeringan pada suhu 70°C, di mana kadar air akhir hanya tersisa 15%, jauh lebih rendah dibandingkan dengan kadar air pada suhu-suhu yang lebih rendah.

Penurunan kadar air selama pengeringan ini sangat penting dalam memastikan bahwa bunga rosella mencapai tingkat kekeringan yang optimal untuk disimpan dan diproses lebih lanjut. Kadar air yang terlalu tinggi setelah pengeringan dapat menyebabkan masalah dalam penyimpanan, seperti pertumbuhan mikroba, jamur, atau pembusukan, yang dapat merusak kualitas bahan. Oleh karena itu, penting untuk mencapai kadar air yang rendah melalui proses pengeringan yang efektif, terutama untuk bahan pangan atau herbal seperti bunga rosella.

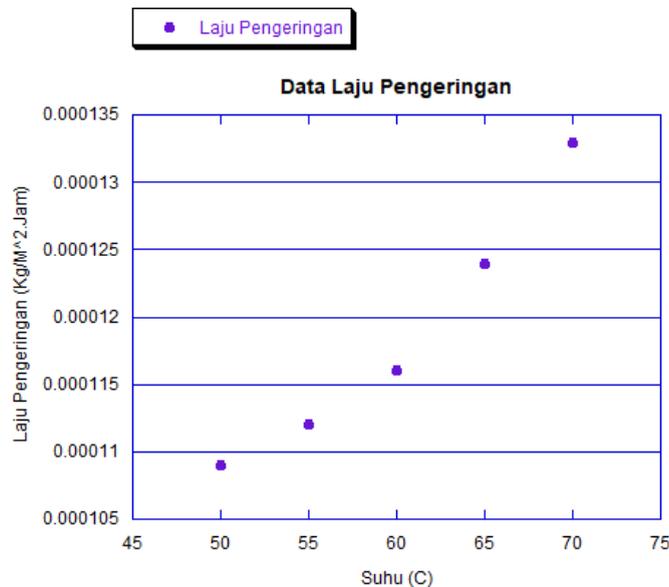
Namun, meskipun suhu yang lebih tinggi dapat menghasilkan kadar air akhir yang lebih rendah, perlu diingat bahwa suhu pengeringan yang terlalu tinggi juga memiliki risiko. Pengeringan pada suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan perubahan negatif pada kualitas bunga rosella, seperti perubahan warna, aroma, tekstur, atau bahkan kandungan nutrisi dan senyawa aktif yang terdapat dalam bunga. Misalnya, jika suhu pengeringan terlalu tinggi, komponen kimia penting seperti antioksidan atau senyawa fitokimia yang memberikan manfaat kesehatan pada bunga rosella bisa terdegradasi. Oleh karena itu, meskipun pengeringan pada suhu tinggi dapat mengurangi kadar air dengan lebih cepat dan efisien, suhu yang digunakan harus dipilih dengan hati-hati agar tidak merusak kualitas bahan.

Proses pengeringan yang ideal harus mempertimbangkan keseimbangan antara efektivitas penguapan air dan preservasi kualitas bahan. Dalam penelitian ini, meskipun suhu 70°C menghasilkan kadar air akhir yang paling rendah, perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut mengenai dampak suhu tersebut terhadap karakteristik kimia dan fisik bunga rosella. Selain itu, setiap aplikasi bunga rosella mungkin memerlukan tingkat kadar air yang berbeda, tergantung pada tujuan penggunaannya, sehingga pemilihan suhu pengeringan harus disesuaikan dengan kebutuhan spesifik.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pengeringan pada suhu yang lebih tinggi dapat secara signifikan mengurangi kadar air dalam bunga rosella, dengan suhu 70°C menghasilkan kadar air akhir yang paling rendah. Hubungan berbanding terbalik antara suhu pengeringan dan kadar air yang tersisa menjelaskan bahwa suhu yang lebih tinggi mempercepat penguapan air dari bahan, sehingga menghasilkan bunga yang lebih kering dan cocok untuk penyimpanan jangka panjang.. [9].

3.3 Laju Pengeringan

Didapatkan nilai laju pengeringan pada bunga rosella, yang terlampir pada gambar 4. Berikut.

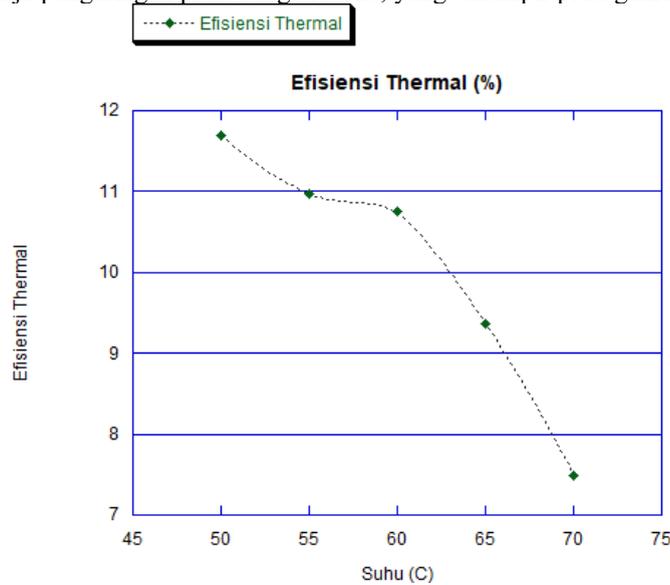


Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Laju Pengeringan Terhadap Temperatur

Gambar 4. menunjukkan hubungan antara pengaruh temperatur (°C) terhadap laju pengeringan (kg/m².jam) dengan variasi temperatur 50°C, 55°C, 60°C, 65°C, dan 70°C dengan interval 5°C. Didapatkan nilai laju pengeringan pada temperatur 70°C merupakan yang paling tinggi pada keseluruhan variasi temperatur laju pengeringan bunga rosella. Pada temperatur 50°C didapatkan nilai laju pengeringan sebesar 1,09 × 10⁻⁴ kg/m².jam, pada temperatur 55°C didapatkan nilai laju pengeringan sebesar 1,12 × 10⁻⁴ kg/m².jam, pada temperatur 60°C didapatkan nilai laju pengeringan sebesar 1,16 × 10⁻⁴ kg/m².jam, pada temperatur 65°C didapatkan nilai laju pengeringan sebesar 1,24 × 10⁻⁴ kg/m².jam, pada temperatur 70°C didapatkan nilai laju pengeringan sebesar 1,33 × 10⁻⁴ kg/m².jam. Gambar 4. menunjukkan tren hubungan antara laju pengeringan (kg/m².jam) dan temperatur (°C) pada bunga rosella yang dikeringkan dengan temperatur yang berbeda-beda. Garis pada grafik menunjukkan bahwa laju pengeringan (kg/m².jam) berbanding lurus dengan temperatur (°C). Artinya, semakin tinggi temperatur (°C), semakin tinggi laju pengeringan (kg/m².jam). Hal ini disebabkan karena pada temperatur yang tinggi, air akan lebih mudah menguap dari bunga rosella, sehingga laju pengeringan semakin cepat.

3.4 Efisiensi Thermal

Didapatkan nilai laju pengeringan pada bunga rosella, yang terlampir pada gambar 5. Berikut.



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Efisiensi Thermal Terhadap Temperatur

Gambar 5. menunjukkan hubungan antara efisiensi termal (%) dan temperatur (°C) pada mesin pengering. Efisiensi termal merupakan salah satu parameter penting yang digunakan untuk menilai kinerja suatu sistem pengeringan, termasuk pada pengeringan bunga rosella. Secara sederhana, efisiensi termal (%) didefinisikan sebagai persentase energi panas yang diubah menjadi energi mekanik atau energi yang bermanfaat dalam proses pengeringan. Dalam konteks ini, energi panas digunakan untuk menguapkan air dari bunga rosella, sehingga menghasilkan bahan yang lebih kering dan cocok untuk penyimpanan atau penggunaan lebih lanjut. Temperatur (°C) merupakan ukuran panas atau dinginnya suatu benda, dan dalam proses pengeringan, temperatur memegang peran penting dalam mempengaruhi laju penguapan air dan efisiensi termal sistem pengeringan.

Dari grafik hubungan antara efisiensi termal dan temperatur pengeringan bunga rosella, terlihat tren yang cukup menarik. Pada temperatur awal 50°C, efisiensi termal mencapai angka yang cukup tinggi, yaitu 12%. Ini menunjukkan bahwa pada temperatur rendah, sistem pengeringan mampu mengubah sebagian besar energi panas yang diberikan menjadi energi yang bermanfaat untuk proses penguapan air. Namun, ketika temperatur dinaikkan secara bertahap menjadi 55°C, 60°C, 65°C, dan akhirnya 70°C, efisiensi termal sistem menunjukkan penurunan yang signifikan. Pada suhu 55°C, efisiensi termal turun menjadi 11%, dan tren ini berlanjut pada suhu 60°C, di mana efisiensi turun lagi menjadi 10%. Pada suhu yang lebih tinggi, yaitu 65°C dan 70°C, efisiensi termal semakin menurun menjadi masing-masing 9% dan 7%.

Penurunan efisiensi termal seiring dengan peningkatan suhu pengeringan menunjukkan adanya hubungan yang berbanding terbalik antara kedua variabel ini. Artinya, semakin tinggi temperatur pengeringan yang digunakan, semakin rendah efisiensi termal sistem pengeringan bunga rosella. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yang memengaruhi kinerja termal sistem pada temperatur yang lebih tinggi. Salah satu faktor utama adalah penguapan air yang lebih besar pada suhu yang lebih tinggi. Pada temperatur yang lebih tinggi, lebih banyak energi panas yang digunakan untuk menguapkan air dari bunga rosella, tetapi sebagian dari energi ini hilang dalam bentuk losses atau pemborosan energi, misalnya melalui radiasi atau konduksi ke lingkungan sekitar.

Selain itu, kapasitas panas spesifik bunga rosella juga memainkan peran dalam penurunan efisiensi termal. Pada temperatur yang lebih tinggi, kapasitas panas bunga rosella, atau kemampuannya untuk menyerap dan menyimpan panas, cenderung lebih rendah. Akibatnya, bunga tidak mampu menyerap dan memanfaatkan seluruh energi panas yang diberikan, yang menyebabkan lebih banyak energi yang terbuang dan tidak digunakan secara efektif dalam proses pengeringan. Kehilangan energi ini, dalam bentuk panas yang tidak bermanfaat, berkontribusi pada penurunan efisiensi termal sistem pengeringan.

Faktor lain yang turut berperan adalah losses energi yang lebih besar pada suhu yang lebih tinggi. Pada suhu tinggi, sistem pengeringan cenderung kehilangan lebih banyak energi melalui konduksi panas ke dinding mesin pengering, radiasi panas ke lingkungan sekitar, atau aliran udara panas yang tidak dimanfaatkan secara efisien. Losses ini menyebabkan energi yang diberikan ke sistem tidak sepenuhnya diubah menjadi energi yang bermanfaat untuk penguapan air, sehingga efisiensi termal turun. Oleh karena itu, meskipun suhu tinggi mempercepat laju pengeringan, efisiensi termal sistem justru menurun karena semakin banyak energi yang terbuang.

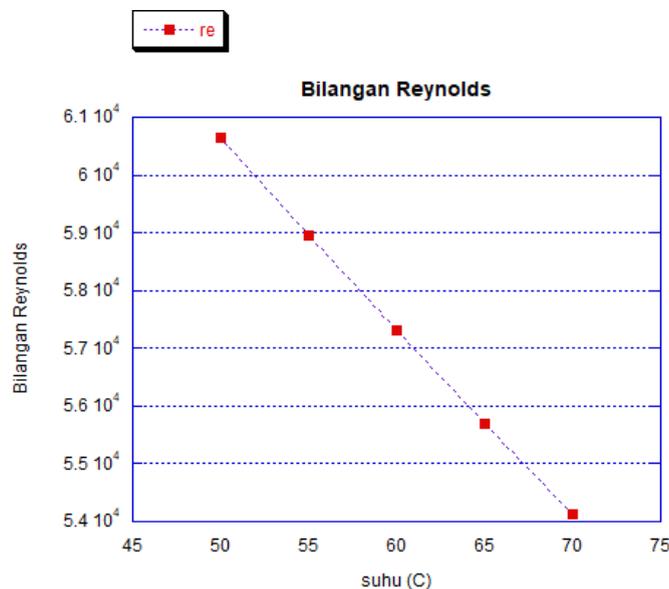
Penurunan efisiensi ini menunjukkan bahwa masih banyak energi yang diberikan kepada sistem pengeringan yang terbuang secara percuma dan tidak dimanfaatkan secara optimal dalam proses pengeringan bunga rosella. Untuk meningkatkan efisiensi termal, perlu dilakukan perbaikan pada beberapa aspek desain dan operasional mesin pengering. Salah satu langkah yang dapat diambil adalah meningkatkan isolasi termal mesin pengering untuk mengurangi kehilangan panas melalui konduksi dan radiasi. Dengan isolasi yang lebih baik, energi panas akan lebih terfokus pada proses penguapan air dan tidak terbuang ke lingkungan sekitar.

Selain itu, pengaturan aliran udara panas yang lebih efisien juga dapat membantu meningkatkan efisiensi termal. Mengoptimalkan aliran udara agar lebih merata dan terfokus pada bunga rosella dapat membantu memaksimalkan penguapan air, sehingga lebih banyak energi yang dimanfaatkan secara efektif dalam proses pengeringan. Penggunaan bahan bakar atau sumber energi yang lebih efisien juga dapat membantu mengurangi losses energi.

Secara keseluruhan, hubungan antara efisiensi termal dan temperatur pengeringan menunjukkan bahwa meskipun suhu yang lebih tinggi mempercepat penguapan air, ada konsekuensi berupa penurunan efisiensi termal. Oleh karena itu, dalam merancang sistem pengeringan yang optimal, perlu diperhatikan keseimbangan antara laju pengeringan dan efisiensi energi, serta pengurangan losses energi melalui perbaikan desain alat pengering dan pengaturan proses pengeringan yang lebih efektif. [10].

3.5 Bilangan Reynolds

Berikut merupakan pengaruh temperatur terhadap bilangan Reynolds yang disajikan pada gambar 5.



Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Bilangan Reynolds Terhadap Temperatur

Gambar 6. menunjukkan hubungan antara bilangan Reynolds terhadap temperatur, Grafik hubungan antara bilangan Reynolds dan temperatur pada fluida yang berbeda menunjukkan tren yang sangat jelas mengenai bagaimana perubahan viskositas fluida mempengaruhi bilangan Reynolds. Bilangan Reynolds adalah parameter penting yang digunakan untuk menentukan jenis aliran fluida, apakah itu aliran laminar atau turbulen. Garis pada grafik tersebut mengindikasikan bahwa terdapat hubungan berbanding terbalik antara bilangan Reynolds dan viskositas fluida. Dengan kata lain, semakin tinggi viskositas suatu fluida, semakin rendah bilangan Reynolds yang dicapai oleh fluida tersebut. Hal ini disebabkan oleh kenyataan bahwa fluida dengan viskositas tinggi lebih sulit untuk mengalir dan cenderung membentuk aliran laminar, yaitu aliran yang bergerak dengan pola yang teratur dan terstratifikasi.

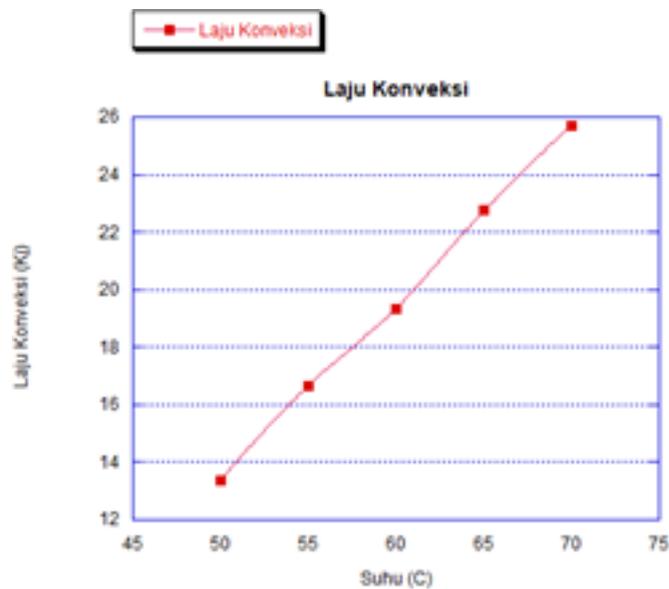
Sebaliknya, pada fluida dengan viskositas rendah, aliran cenderung lebih mudah mengalir, dan pada suhu tinggi, molekul fluida bergerak dengan lebih cepat, yang menyebabkan bilangan Reynolds meningkat. Bilangan Reynolds yang lebih tinggi menandakan bahwa fluida tersebut lebih mungkin mengalami aliran turbulen, di mana aliran menjadi tidak teratur dan acak. Pada grafik tersebut, bilangan Reynolds tertinggi tercapai pada fluida dengan viskositas rendah dan pada suhu yang lebih tinggi, yang menunjukkan bahwa fluida ini memiliki kemampuan untuk mengalir lebih cepat dan dalam kondisi yang mendukung terbentuknya aliran turbulen.

Sebaliknya, bilangan Reynolds terendah dicapai pada fluida dengan viskositas tinggi dan pada temperatur rendah, yang mencerminkan bahwa fluida tersebut cenderung mempertahankan aliran laminar. Pada temperatur rendah, viskositas fluida meningkat karena molekul-molekul fluida bergerak lebih lambat, sehingga alirannya menjadi lebih terkendali dan kurang dinamis. Grafik ini dengan jelas menunjukkan bahwa pada temperatur tertentu, bilangan Reynolds akan berkurang seiring dengan meningkatnya viskositas fluida. Ini penting dalam berbagai aplikasi industri dan rekayasa, di mana pemahaman tentang bagaimana viskositas dan temperatur memengaruhi aliran fluida dapat digunakan untuk merancang sistem yang lebih efisien, baik dalam hal pemompaan, perpindahan panas, maupun distribusi fluida.

Dalam konteks rekayasa fluida, memahami hubungan ini sangat penting untuk memastikan bahwa sistem aliran dirancang dengan tepat untuk memenuhi kebutuhan spesifik. Misalnya, dalam aplikasi di mana aliran turbulen diinginkan, seperti dalam perpindahan panas yang cepat, fluida dengan viskositas rendah dan suhu tinggi mungkin diperlukan untuk mencapai bilangan Reynolds yang tinggi. Sebaliknya, dalam aplikasi yang memerlukan kontrol aliran yang stabil dan laminar, seperti dalam proses presisi atau transportasi fluida kental, viskositas fluida yang lebih tinggi dan suhu yang lebih rendah mungkin lebih disukai untuk menjaga bilangan Reynolds tetap rendah.

3.6 Laju Perpindahan Panas Konveksi

Nilai konveksi didapatkan dari perbedaan temperatur dinding dengan temperatur fluida. Grafik disajikan pada gambar 7.

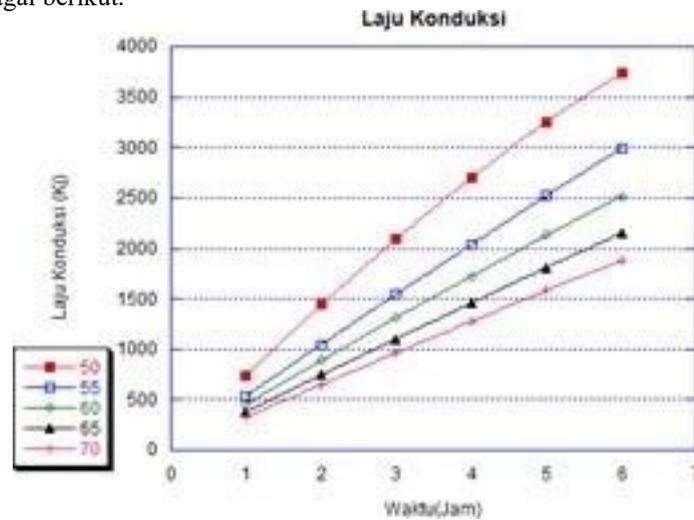


Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Nilai Laju Konveksi Terhadap Temperatur

Pada gambar di atas didapatkan nilai tertinggi pada temperatur 70°C sebesar 25.721 kJ, sedangkan yang terendah diperoleh oleh temperatur 50°C sebesar 13.377 kJ. Grafik menunjukkan bahwa laju perpindahan panas konveksi tertinggi dicapai pada temperatur yang tinggi. Laju perpindahan panas konveksi terendah dicapai pada temperatur yang rendah. Nilai konveksi dipengaruhi oleh jenis kalor spesifik dari fluida, semakin tinggi nilai kalor spesifik suatu fluida, maka didapatkan nilai konveksi yang tinggi, hal ini juga selinear dengan peningkatan temperatur pada mesin pengering.

3.7 Laju Perpindahan Panas Konduksi

Didapatkan nilai laju perpindahan panas konduksi pada mesin pengering bunga rosella yang disajikan pada gambar 8 sebagai berikut.



Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Laju Perpindahan Panas Konduksi Terhadap Waktu

Didapatkan grafik laju perpindahan konduksi pada material mesin pengering bunga rosella gray cast iron dengan nilai konduktivitas termal sebesar $204.2 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K}$, di mana nilai konduktivitas termal dari material termasuk penghantar yang baik, karena akan meningkatkan nilai kalor yang diberikan. Jarak konduktivitas yang diukur dari coil menuju tray bunga rosella, hal ini mengikuti jarak antara coil dan tray 0.54 m . Didapatkan nilai laju perpindahan konduksi tertinggi pada temperatur 50°C sebesar 3736.05 kJ , sedangkan yang terendah pada temperatur 70°C sebesar 1881.72 kJ . Nilai pada grafik menunjukkan bahwa laju perpindahan panas konduksi berkurang seiring waktu. Artinya, semakin lama waktu, semakin lambat laju perpindahan panas konduksi. Hal ini disebabkan karena energi panas yang dipindahkan dari ujung panas ke ujung dingin benda padat semakin berkurang seiring waktu. Grafik menunjukkan bahwa laju perpindahan panas konduksi tertinggi dicapai pada awal pemanasan. Laju perpindahan panas konduksi terendah dicapai pada akhir pemanasan. Grafik menunjukkan bahwa pada waktu tertentu, laju perpindahan panas konduksi akan berkurang seiring dengan meningkatnya jarak antara dua titik pengukuran temperatur [11].

4 KESIMPULAN

Pengujian pada mesin pengering bunga rosella dengan teknologi solar food hydrator, pada mesin pengering dengan temperatur 70°C menjadi pengaturan suhu yang sesuai untuk mendapatkan nilai massa akhir yang rendah dan laju pengeringan yang tinggi, sehingga kadar air akhir yang dihasilkan selama durasi pengeringan 6 jam semakin rendah, tetapi efisiensi yang dihasilkan semakin menurun dan menunjukkan ketidakefisienan pada kinerja mesin pengering. Sedangkan pada mesin pengering dengan temperatur 50°C menjadi jenis temperatur dengan efisiensi tertinggi menunjukkan kinerja mesin pengering sangat efisien, tetapi menghasilkann nilai massa akhir yang masih tinggi dan laju pengeringan yang rendah, sehingga kadar air akhir yang dihasilkan juga masih tinggi..

5 PERNYATAAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Bapak Wiliandi saputro, S.T., M.Eng selaku pembimbing penulis dalam penelitian ini dan pihak dosen – dosen Program Studi Teknik Mesin UPN “Veteran” Jawa Timur yang selalu mendukung kegiatan mahasiswa.

6 DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. O. NNOROM, G. C. ONUGBU, AND C. ETUS, “Photo-performance characteristics of Baphia nitida and rosella dye sensitized solar cell,” *Results Opt.*, vol. 9, no. September, p. 100311, 2022, doi: 10.1016/j.ris.2022.100311.
- [2] S. RAHMAWATI *et al.*, “Characteristics and antioxidants of edible film from durian seeds (*Durio zibethinus*) with additions to rosella flower extract (*Hibiscus sabdariffa* L.),” *Mater. Today Proc.*, vol. 65, pp. 3109–3115, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.07.162.
- [3] H. XIAOWEI *et al.*, “Fabrication and characterization of colorimetric indicator for Salmon freshness monitoring using agar/polyvinyl alcohol gel and anthocyanin from different plant sources,” *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 239, no. January, p. 124198, 2023, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.124198.
- [4] G. K. MAHUNU, H. E. TAHIR, M. OSEI-KWARTENG, A. A. MARIOD, AND J. P. GWEYI-ONYANGO, “Chapter 9 - Food use of whole and extracts of *Hibiscus sabdariffa*,” A. A. Mariod, H. E. Tahir, and G. K. B. T.-R. (*Hibiscus sabdariffa*) Mahunu, Eds., Academic Press, 2021, pp. 123–136. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822100-6.00009-4>.
- [5] E. GARRAFA, R. LEVAGGI, R. MINIACI, AND C. PAOLILLO, “When fear backfires: Emergency department accesses during the Covid-19 pandemic,” *Health Policy (New York)*, vol. 124, no. 12, pp. 1333–1339, 2020, doi: 10.1016/j.healthpol.2020.10.006.
- [6] M. OSEI-KWARTENG, J. P. GWEYI-ONYANGO, G. KOMLA MAHUNU, H. E. TAHIR, AND M. T. APALIYA, “Chapter 6 - *Hibiscus sabdariffa*: protein products, processing, and utilization,” A. A. Mariod, H. E. Tahir, and G. K. B. T.-R. (*Hibiscus sabdariffa*) Mahunu, Eds., Academic Press, 2021, pp. 77–89. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822100-6.00012-4>.
- [7] K. KARTINI, M. B. HUDA, Z. M. HAYATI, N. SASTIKA, AND R. NAWATILA, “Scaling up stirring-assisted extraction and transformation of roselle anthocyanins into dried powder using spray-drying and oven-drying,” *Appl. Food Res.*, vol. 3, no. 2, p. 100357, 2023, doi: 10.1016/j.afres.2023.100357.
- [8] R. A. AAMER, W. A. AMIN, AND R. S. ATTIA, “Enhancement of color stability in strawberry nectar during storage,” *Ann. Agric. Sci.*, vol. 66, no. 2, pp. 121–130, 2021, doi: 10.1016/j.aos.2021.08.003.
- [9] Y. T. ARAGAW AND K. D. ADEM, “Development and performance evaluation of tube-type direct solar oven for baking bread,” *Heliyon*, vol. 8, no. 11, p. e11502, 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11502.
- [10] R. SAFRIZAL, H. SYAH, AND R. KHATHIR, “Analisis Efisiensi Pada Sistem Pengeringan Bunga Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L) Menggunakan Alat Pengering Tipe Lemari,” *Rona Tek. Pertan.*, vol. 5, pp. 364–367, Oct. 2022, doi: 10.17969/rtp.v5i2.234.
- [11] D. KUCHINKE, J. DI STEFANO, R. LOYN, P. GELL, AND G. PALMER, “Fire responses by bird guilds and species in heathy dry forests in central Victoria, Australia,” *For. Ecol. Manage.*, vol. 535, no. August 2022, p. 120877, 2023, doi: 10.1016/j.foreco.2023.120877.