

e-ISSN : 3031-0342
Diterima: : 9 September 2024
Disetujui : 18 Desember 2024
Tersedia online di <https://journal.unram.ac.id/index.php/agent>

ANALISIS ENERGI PANAS PADA PROSES PENGERINGAN TEH DAUN UBI JALAR (*Ipomoea batatas* L.) MENGGUNAKAN ALAT PENGERING TIPE RAK (Tray dryer)

*Analysis of Heat Energy in The Drying Process of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Using a Rack Type Dyer (Tray Dryer)*

Nana Novitamala^{1*}, Sukmawaty¹, Ansar¹

¹Program Studi Teknik Pertanian di Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri,
Universitas Mataram

email: nanalombok@gmail.com

ABSTRACT

Drying is a method to remove or reduce water from a material by evaporating the water using heat energy. Drying sweet potato leaves is a solution to reduce water content with SNI standards (BSN-SNI No.1.3836.2013) regarding the water content in herbal tea of a maximum of 8%. Sweet potato leaves can be processed into herbal tea and are useful as medicines. The purpose of this study was to analyze the energy balance and calculate the drying efficiency in the drying process of sweet potato leaves using a tray dryer. The method used was experimental and the data generated from this study were analyzed using regression analysis and displayed in the form of graphs and tables. The parameters analyzed in this study were temperature, relative humidity, water content and energy balance. The results of the tool test showed that the amount of incoming heat energy at a temperature treatment of 40-45 ° C was 803.82 kJ, useful heat energy was 168 kJ, outgoing heat energy was 157.655 kJ, and lost heat energy was 325.655 kJ. While the amount of heat energy entering the temperature treatment of 50-55°C is 1,148.57 kJ, useful heat energy is 165.2 kJ, outgoing heat energy is 193.625 kJ, lost heat energy is 356.025 kJ. The total efficiency of the drying system during the drying process with a temperature treatment of 40-45°C is 73% and in the treatment of 50-55°C is 49%.

Keywords: *analysis; energy balance; sweet potato leaves; tray drying*

ABSTRAK

Pengeringan merupakan metode untuk mengeluarkan atau mengurangi air dari bahan dengan menguapkan air tersebut menggunakan energi panas. Pengeringan daun ubi jalar merupakan solusi untuk mengurangi kadar air dan standar SNI (BSN-SNI No.1.3836.2013) mengenai kadar air pada teh herbal maksimal 8%. Daun ubi jalar dapat diolah menjadi teh herbal dan bermanfaat juga sebagai obat-obatan Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kesetimbangan energi dan menghitung efisiensi pengeringan pada proses pengeringan daun ubi jalar menggunakan alat pengering tipe rak (*tray dryer*). Metode yang digunakan adalah eksperimental dan data yang dihasilkan dari penelitian ini dianalisis menggunakan analisis regresi dan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Parameter yang dianalisis pada penelitian ini ialah suhu, kelembapan relatif, kadar air dan kesetimbangan energi. Hasil pengujian alat didapatkan jumlah energi panas masuk pada perlakuan suhu 40-45°C Sebesar 803,82 kJ, energi panas berguna sebesar 168 kJ, energi panas keluar sebesar 157,655 kJ, energi panas yang hilang sebesar 325,655 kJ. Sedangkan

jumlah energi panas yang masuk pada perlakuan suhu 50-55°C sebesar 1.148,57 kJ, energi panas berguna sebesar 165,2 kJ, energi panas keluar sebesar 197,069 kJ, energi panas yang hilang sebesar 362,269 kJ. Besarnya efisiensi total sistem pengering selama proses pengeringan dengan perlakuan suhu 40-45°C sebesar 73% dan pada perlakuan 50-55°C sebesar 47%.

Kata kunci: analisis; daun ubi jalar; kesetimbangan energi, pengering *tray dryer*,

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Ubi jalar termasuk ke dalam kelompok umbi-umbian berpotensi sebagai sumber pangan alternatif sebagai sumber bahan pangan substitusi. Hal ini dikarenakan umbi ubi jalar mengandung sejumlah mineral dan nutrisi yang tidak kalah pentingnya dengan kandungan nutrisi pada beras, jagung maupun kelompok umbi-umbian yang lain. Sehubungan dengan hal tersebut, maka permintaan masyarakat terhadap umbi ubi jalar terus meningkat. Namun demikian, peningkatan permintaan tersebut belum diimbangi dengan meningkatnya kualitas umbi yang dihasilkan (Ismayandi, 2022).

Sebagian besar Masyarakat hanya memanfaatkan ubi jalar sebagai makanan. Selain umbinya diketahui bahwa daunnya memiliki senyawa aktif yang terbaru. Menurut Crislani (2017), daun ubi jalar dibuat menjadi teh herbal yang memiliki kandungan antioksidan, flavonoid, Tanin terkondensasi dan fenolik. Manfaat mengonsumsi teh yaitu dapat menjaga kesehatan mulut dan gizi, melindungi kesehatan jantung dan pencernaan, selain itu dapat berfungsi sebagai antioksidan. Salah satu senyawa yang terkandung dalam teh memiliki manfaat dalam bidang kesehatan yaitu flavonoid. Teh juga merupakan sumber alami kafein, teofilin dan antioksidan dengan kadar lemak, karbohidrat atau protein mendekati nol persen. Teh bila di minum akan terasa sedikit pahit yang merupakan kenikmatan tersendiri dari teh (Hely, 2018). Namun belum ada yang menganalisis kesetimbangan energi panas pada proses pengeringan daun ubi jalar menggunakan alat pengering Tipe rak (*Tray dryer*).

Analisis energi dari proses pengeringan didasarkan pada hukum pertama termodinamika (kesetimbangan

energi). Dengan analisis energi dapat diketahui penggunaan energi, rasio penggunaan energi, dan efisiensi energi. Sementara itu, analisis energi dari proses pengeringan didasarkan pada hukum kedua termodinamika. Hukum kedua termodinamika menyatakan bahwa energi bersifat tidak dapat kembali (*irreversibel*) dengan terjadinya perubahan entropi (Paramitha dkk, 2016). Analisis energi digunakan untuk mengetahui seberapa optimal energi yang masuk telah digunakan dari sisi kualitas. Oleh karena itu, penulis akan melakukan penelitian "Analisis Energi Panas pada Proses Pengeringan Teh Daun Ubi Jalar Menggunakan Alat Pengering Tipe Rak (*Tray dryer*) "

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kesetimbangan energi dan menghitung jumlah efisiensi pada proses pengeringan daun ubi jalar menggunakan alat pengering tipe rak (*tray dryer*).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

Yang digunakan dalam penelitian ini adalah termokopel, *blower*, *camera*, *stopwatch*, moisture analyzer, timbangan digital, *thermometer digital*, *thermometer* bola basah dan bola kering, *hygrometer* digital HTC 2, *Anemometer* serta satu set alat pengering tipe rak (*Tray Dryer*). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah daun ubi jalar ungu, diperoleh dari petani di Gunung Sari Lombok Barat. Daun yang digunakan daun tua dan panen daun ubi jalar ketika memasuki umur 3-4 bulan dan cangkang kemiri sebagai bahan bakar (biomassa) yang diperoleh dari penjual di

Narmada Lombok Barat.

Parameter Penelitian

Beberapa parameter yang diukur dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Suhu (TBB dan Tbk) (°C)

Suhu digunakan untuk mengetahui laju penurunan RH (%) dan mengetahui kelembapan relatif udara dengan cara mengalami perubahan suhu bola basah dan bola kering.

2. Kelembapan relatif (RH) (%)

Pengambilan data RH dihitung menggunakan aplikasi psycometri, untuk menentukan suhu bola kering yakni dengan menggunakan *thermometer* yang dibiarkan kering sedangkan suhu bola basah yang dibalut dengan kain basah dan diletakkan dalam ruang pengering.

3. Kadar Air

Kadar air merupakan persentase kandungan air pada suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) dan berat kering (*dry basis*). Pada penelitian ini pengukuran kadar air dilakukan dengan menggunakan timbangan digital, sehingga dapat dihitung menggunakan Persamaan (1), (2) dan (3).

$$KA = \frac{M1 - M2}{M2} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$Kabb = \frac{Wa}{Wt} \times 100\% = \frac{Wt - Wk}{Wt} 100\% \dots\dots (2)$$

$$Kabk = \frac{Wa}{Wt} \times 100\% = \frac{Wt - Wk}{Wt - Wa} \times 100\% \dots\dots (3)$$

4. Keseimbangan Energi

Keseimbangan energi merujuk pada keadaan dimana energi yang masuk ke dalam suatu sistem sama dengan energi yang keluar dari sistem tersebut. Keseimbangan energi termal yang menyatakan bahwa laju energi masuk dikurangi laju energi keluar ditambah dengan laju energi yang dibangkitkan kedalam sistem adalah sama dengan laju perubahan energi tersimpan di dalam sistem.

Ada beberapa persamaan umum keseimbangan energi sebagai berikut:

- Laju energi yang masuk dalam ruang pengering, EIN (KJ/jam)

Laju energi yang masuk ke dalam ruang pengering (EIN) adalah jumlah energi panas masuk kedalam sebuah sistem per satuan waktu melalui inlet. Laju energi yang masuk ke dalam ruang pengering dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut:

$$E_{IN} = m \times Cp \times T_{IN} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

IN = Laju energi yang masuk ke dalam ruang pengering (kJ/jam)

m = Laju aliran udara masuk ke dalam ruang pengering, (kg/jam)

Cp = Panas jenis udara, (1,007 kJ/kg°C)

T_{IN} = Suhu udara yang masuk ke dalam ruang pengering, (°C)

Laju aliran udara masuk dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$m = \rho \times v \times A \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

m = Laju aliran udara masuk ke dalam ruang pengering, (kg/jam)

ρ = Massa jenis udara, (1,095 kg/m³)

v = Kecepatan aliran udara masuk ke ruang pengering, (m/detik)

A = Luas penampang pipa, (m²)

- Laju energi yang berguna, EUSE (Kj/jam)

Laju energi yang berguna adalah jumlah energi panas yang digunakan dalam mengeringkan suatu bahan selama proses pengeringan berlangsung. Sedangkan menurut Yulita (2016) Laju energi berguna mengalami penurunan seiring dengan semakin lama waktu pengeringan, semakin tinggi suhu udara yang masuk dan semakin besar kecepatan aliran udara yang masuk ke ruang pengering. Maka dapat dihitung dengan Persamaan berikut:

$$E_{USE} = Mw \times LH \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

E_{USE} = Energi berguna, (kJ/jam)

Mw = Massa produk yang diuapkan, (kg)

LH = Panas laten penguapan air, 2800 (kJ/kg)

Jumlah massa air yang diuapkan (mw) dapat dihitung berdasarkan:

$$Mw = wi (mi - mf) / (100 - mf) \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

Mw = Jumlah massa air yang teruapkan (kg)

wi = Massa bahan dalam keadaan basah (kg)

m_i = Kadar air awal bahan (%)

m_f = Kadar air akhir bahan (%)

Jumlah energi berguna memanaskan ruang pengeringan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q = E_{USE} \times \Delta T \dots\dots\dots (8)$$

- Laju energi yang keluar, E_{Losses} (kJ/jam)

Laju energi yang keluar melalui ventilasi (E_{Losses}) adalah jumlah energi panas yang keluar dari sebuah sistem melalui ventilasi per satuan waktu. Laju energi yang keluar dapat dihitung menggunakan Persamaan (Yulita, 2016)

$$E_{Losses} = \frac{V \times C_{pw} \times (T_d - T_a)}{N} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

E_{Losses} = Laju energi keluar dari ventilasi, (kJ/jam)

v = Debit udara ventilasi, (m³/jam)

C_{pw} = Panas jenis udara, (1,007 kJ/kg°C)

T_d = Suhu rata-rata udara pengering, (°C)

T_a = Suhu awal bahan, (°C)

N = Lama Pengeringan (jam)

- Laju energi hilang melalui dinding (KJ)

Laju energi hilang adalah jumlah energi panas yang masuk ke sistem dikurangi jumlah energi tersimpan dalam sistem. Sehingga dapat dihitung dengan Persamaan berikut:

$$E_{losses} = E_{IN} - E_{ST} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

E_{Losses} = Energi panas keluar (kJ)

E_{IN} = Energi panas masuk (kJ)

E_{ST} = Energi panas tersimpan (kJ)

Efisiensi Energi Pengeringan (%)

Efisiensi energi pengeringan yaitu, perbandingan antara energi panas yang berguna dengan energi panas yang masuk ke ruang pengering. Efisiensi Energi Pengeringan dapat di hitung dengan Persamaan berikut (Taufiq, 2004) :

$$\eta = \frac{q_t}{q_r} \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

Dimana :

η = efisiensi energi pengeringan (%)

q_t = Energi panas masuk (kJ)

q_r = Energi panas berguna (kJ)

Analisis Data

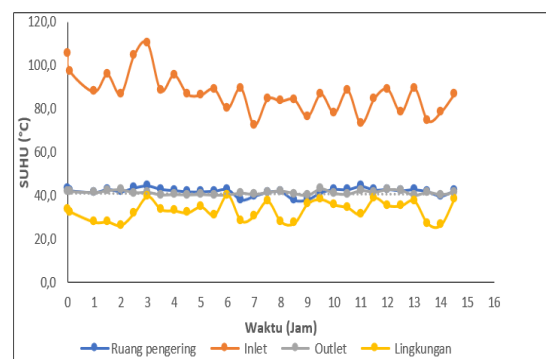
Analisis yang digunakan adalah analisis regresi dengan menggunakan

Microsoft excel. Analisis data pada penelitian ini juga menggunakan analisis regresi dengan memperhatikan nilai koefisien determinasi (R^2).

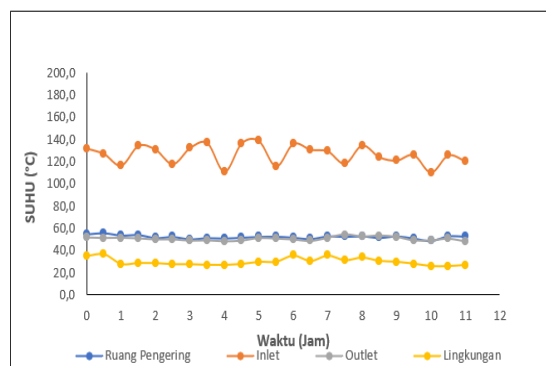
HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu (°C)

Energi yang dihasilkan pada alat pengering tipe rak berasal dari udara panas yang dihasilkan dari pembakaran menggunakan biomassa cangkang kemiri pada tungku. Menurut Arbie (2017), udara panas hasil pembakaran biomassa dialirkan langsung ke dalam ruang pengering untuk menurunkan kadar air. Berdasarkan pengamatan suhu selama proses pengeringan, diperoleh suhu lingkungan, inlet, outlet dan suhu ruang pengering pada setiap perlakuan seperti pada Gambar 1 dan 2 berikut :



Gambar 1. Suhu ruang pengering dan lingkungan selama proses pengeringan, Suhu 40-45°C



Gambar 2. Suhu ruang pengering dan lingkungan selama proses pengeringan, Suhu 50-55°C

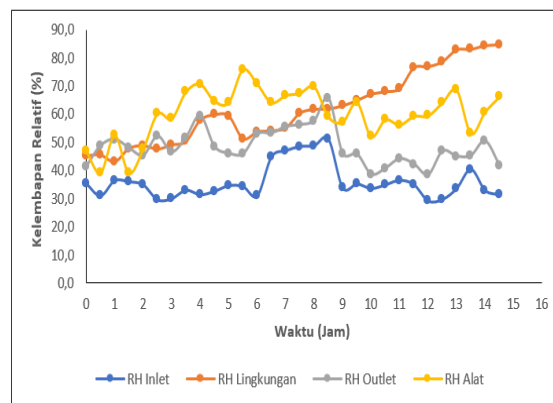
Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa suhu ruang pengering tidak berfluktuasi. Suhu pengeringan sangat

berpengaruh terhadap penurunan kadar air daun ubi jalar. Semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan dalam proses pengeringan. Menurut Sari (2014), Semakin tinggi suhu ruang pengering maka semakin rendah kadar air bahan dan akan semakin cepat proses pengeringannya. Berdasarkan penelitian pada suhu 40-45°C yang telah dilakukan diperoleh sebaran suhu selama proses pengeringan kisaran 40,0-43,0°C membutuhkan waktu pengeringan selama 14,5 jam. Didapatkan nilai rata-rata suhu ruang pengering 41,2°C dan suhu lingkungan sebesar 33,0°C dengan total penggunaan biomassa sebanyak 31,5 kg. Pada perlakuan pengeringan dengan suhu 50-55°C diperoleh sebaran suhu 50,1-53,8°C membutuhkan waktu pengeringan selama 11 jam. Sehingga diperoleh nilai rata-rata suhu ruang pengering sebesar 50,6°C dan suhu lingkungan sebesar 29,9°C dengan total penggunaan biomassa sebanyak 50,5 kg.

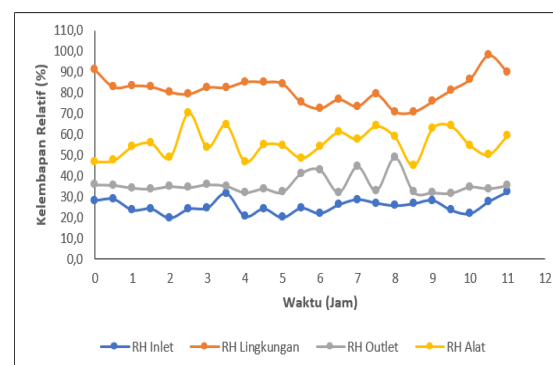
Suhu salah satu faktor utama yang mempengaruhi laju penguapan air dalam proses pengeringan. Semakin tinggi suhu udara disekitar bahan yang sedang dikeringkan, semakin tinggi juga energi kinetik molekul airnya, sehingga menghasilkan penguapan pada bahan. Oleh karena itu, semakin tinggi suhu udara laju penguapan air akan semakin cepat. Menurut Agustina (2016), semakin tinggi suhu dan kecepatan udara pengering yang digunakan maka semakin tinggi pula aliran udaranya. Amanto (2015) menyatakan bahwa semakin tinggi suhu udara pengering yang diberikan, maka perbedaan tekanan uap pada bahan akan semakin besar. Proses perpindahan uap air dari dalam bahan menuju udara sekeliling menjadi cepat. Semakin tinggi suhu ruang pengering makin besar energi panas yang dibawa udara sehingga makin banyak jumlah massa cairan yang diuapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan.

Kelembapan Relatif

Dari hasil penelitian, diperoleh grafik hubungan antara kelembapan relatif ruang pengering dengan lama waktu pengeringan seperti pada Gambar 9 dan 10 berikut :



Gambar 3. Kelembapan relatif ruang pengering selama pengeringan daun ubi jalar, suhu 40-45°C



Gambar 4. Kelembapan relatif ruang pengering selama pengeringan daun ubi jalar, suhu 50-55°C

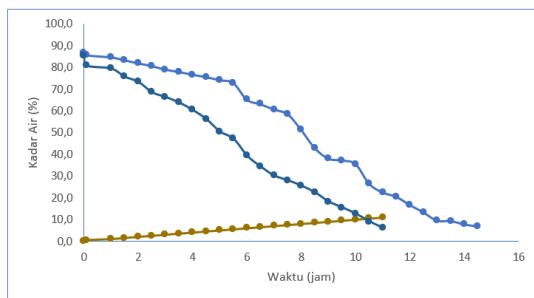
Berdasarkan Gambar 3 dan 4 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan kelembapan relatif (RH) selama proses pengeringan yang dipengaruhi oleh suhu. Selama proses pengeringan dan pengambilan data pada pengeringan daun ubi jalar dapat dilihat bahwa RH lingkungan lebih tinggi dibandingkan RH ruang pengering. Pengeringan pada suhu 50-55°C memiliki kelembapan yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan pengeringan suhu 40-45°C. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Fithriani, 2016) semakin tinggi suhu, maka RH cenderung semakin rendah. Menurut Septiyana (2020), hubungan antara suhu dan kelembapan relatif adalah berbanding terbalik yaitu peningkatan suhu akan disertai dengan penurunan kelembapan relatif.

Kadar Air

Menurut Fauzi (2017), Kadar air

merupakan persentase atau jumlah air yang terkandung dalam suatu bahan dinyatakan dalam persentase berdasarkan bahan yang digunakan. Semakin tinggi suhu pengering yang digunakan untuk mengeringkan suatu bahan, maka air pada bahan yang menguap akan menjadi semakin banyak. Waktu pengeringan juga akan berpengaruh terhadap penurunan kadar air bahan yang akan dikeringkan, semakin lama waktu pengeringan maka suhu yang ada di dalam ruang pengering semakin meningkat.

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh grafik perubahan kadar air terhadap waktu pada Gambar 5 dan 6 berikut:



Gambar 5. Perubahan kadar air bahan terhadap waktu selama pengeringan daun ubi jalar ungu pada suhu 40-45°C dan 50-55°C

Berdasarkan grafik diatas, penurunan kadar air terjadi dari awal sampai akhir proses pengeringan. Semakin tinggi suhu pengeringan, maka semakin cepat pula penurunan kadar air bahan karena suhu pengeringan mempengaruhi proses penurunan kadar air. Hal tersebut sejalan dengan Riansyah et al (2013), bahwa semakin tinggi suhu dan lama waktu pengeringan yang diberikan dapat memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap kecepatan perpindahan air, sehingga kandungan air pada bahan akan semakin rendah. Pada perlakuan pengeringan suhu 40-45°C dengan massa bahan 70 gram diperoleh kadar air awal 86,72% dan kadar air akhir mencapai 6,9%. Sedangkan pada pengeringan suhu 50-55°C dengan massa bahan 70 gram, diperoleh kadar air awal 85,37% dan kadar akhirnya mencapai 5,8%.

SNI (BSN-SNI No.1.3836.2013) mengenai kadar air pada teh herbal maksimal 8% (Mahrita dkk, 2022).

Penurunan kadar air daun ubi jalar ungu selama pengeringan berlangsung dengan cepat kemudian melambat. Penurunan kadar air daun ubi jalar selama proses pengeringan terjadi karena penguapan air dari bahan daun yang dipanaskan. Air yang menguap dari permukaan daun kemudian dibawa keluar oleh aliran udara panas atau sistem ventilasi di ruang pengering.

Kesetimbangan Energi

Kestimbangan energi mengacu pada kondisi dimana energi masuk kedalam sama dengan energi yang keluar dari alat pengering. Energi yang masuk ke alat pengering digunakan untuk menguapkan air dari bahan, sehingga dapat mengeringkan bahan tersebut. Energi berguna digunakan untuk menghasilkan energi panas yang diperlukan untuk mengeringkan bahan. Energi yang keluar merupakan energi hilang yang melalui outlet dan dinding ruang pengering. Energi yang hilang adalah energi yang keluar dari alat pengering. Energi hilang juga terjadi pada saat membuka pintu ruang pengering.

Tabel 1. Hasil perhitungan energi masuk

Suhu (°C)	Energi Masuk Biomassa (kJ)
40-45	803,82
50-55	1.148,57

Pada Tabel 1 di atas dapat dilihat besarnya energi yang masuk dari biomassa yang digunakan. Proses pengeringan daun ubi jalar ungu dengan menggunakan alat pengering tipe rak (*tray dryer*), energi panas berasal dari sumber energi berbahan bakar biomassa dalam mengeringkan bahan. Pada tungku biomassa panas yang diperoleh dari pembakaran cangkang kemiri dimana udara panas akan dihantarkan ke ruang pengering dari tungku biomassa ke dalam ruang pengering dengan bantuan blower untuk membantu menurunkan kadar air bahan.

Tabel 2. Hasil perhitungan energi berguna

Suhu (°C)	Q Berguna Memaskan Alat (kJ)	Q Berguna Memaskan Ruang (kJ)	Q Berguna Menguapkan Air Pada Bahan (kJ)	Total Energi Berguna (kJ)
40-45	43,362	369,6	168	594,759
50-55	57,159	363,44	165,2	572,002

Laju Energi berguna merupakan energi yang dimanfaatkan untuk mengeringkan daun ubi jalar selama proses pengeringan. Tabel 2 diatas dapat dilihat laju energi berguna lebih sedikit dibandingkan laju energi yang masuk ke ruang pengering karena suhu dapat mempengaruhi laju transfer energi, semakin besar suhu maka laju energi yang masuk akan lebih banyak sehingga energi yang berguna untuk menguapkan air pada bahan lebih sedikit dibandingkan energi yang masuk. Menurut Suriadi (2011), energi berguna sistem sangat tergantung pada penguapan air yang terjadi pada material sehingga energi berguna sistem yaitu berupa energi panas berfungsi merubah phase dari cair menjadi uap.

Pada penelitian Zamharir (2016) menyatakan dengan suhu yang tinggi pada ruang akan menyebabkan proses pengeringan mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan semakin tinggi suhu alat pengering maka semakin cepat pula penguapan air bahan yang terdapat pada bahan yang akan dikeringkan sehingga proses pengeringan dapat berjalan dengan baik.

Tabel 3. Hasil perhitungan energi yang keluar dan hilang

Suhu (°C)	Energi Keluar Melalui Exhaust fan (kJ)	Energi Hilang Melalui Dinding (kJ)
40-45	157,655	325,655
50-55	197,069	362,269

Pada Tabel 3 diatas energi yang keluar melalui outlet dan energi hilang melalui dinding cukup besar. Menurut Rahman, dkk. (2017) energi hilang melalui dinding ruang pengering dipengaruhi koefisien pindah panas bahan, luas penampang dinding ruang pengering, nilai

konduktifitas bahan pembuat dinding serta energi yang terdapat pada ruang pengering. Makin besar energi yang terdapat pada ruang pengering maka semakin besar pula energi yang dikeluarkan dari dinding ruang pengering. Pada bagian exhaust fan diameter lingkarannya terlalu besar sehingga energi panas yang masuk bisa keluar dan terbuang. Kehilangan energi panas juga terjadi pada proses pengambilan data. Panas yang tersimpan keluar melalui pintu ruang pengering ketika menimbang berat sampel.

Efisiensi Energi

Efisiensi energi pengeringan merujuk pada seberapa efektif energi digunakan untuk menghilangkan kelembapan dari bahan yang akan dikeringkan dalam proses pengeringan. Efisiensi pengeringan merupakan perbandingan antara energi yang digunakan untuk proses pengeringan dan energi yang diperlukan untuk menghilangkan kelembapan dari bahan atau perbandingan antara input energi dengan operasional sistem pengering dan output energi yang diperlukan untuk menghilangkan kelembapan dari bahan. Input energi yang digunakan dari biomassa. Sedangkan outputnya berupa energi yang digunakan untuk menaikkan suhu bahan dan menguapkan air pada bahan. Semakin tinggi efisiensi, maka akan semakin kecil energi yang dibutuhkan untuk mengeringkan tiap kg bahan (Zamhari, 2016). Besar efisiensi energi pengeringan dengan menggunakan lat pengering tipe rak (*tray dryer*) dapat di lihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. Efisiensi energi

Suhu (°C)	Energi Masuk (kJ)	Q Berguna Memaskan Ruang (kJ)	Q Berguna Menguapkan Air Pada Bahan (kJ)	Efisiensi Energi (%)
40-45	803,82	369,6	168	73%
50-55	1.148,57	363,44	165,2	49%

Berdasarkan Tabel 4 diatas didapatkan hasil perhitungan total efisiensi sistem pengering selama proses pengeringan pada suhu 40-45°C yaitu sebesar 73% dan

pada perlakuan pengeringan suhu 50-55°C diperoleh efisiensi 49%. Efisiensi pengeringan berbeda-beda yang disebabkan oleh sumber panas yang mengakibatkan penguapan air dalam bahan menjadi berbeda. Ketika air menguap maka kelembapan dari bahan tersebut semakin berkurang. Efisiensi pada suhu rendah lebih tinggi dibandingkan suhu tinggi karena pada suhu rendah penguapan air dapat berlangsung lebih lambat tetapi merata yang membantu menghindari pembentukan lapisan air dipermukaan dan suhu rendah juga dapat mengontrol kelembapan yang lebih baik sehingga mengurangi resiko pengembunan dan meningkatkan efisiensi proses pengeringan.

Menurut Mauliandri (2015), hal ini terjadi karena efisiensi pengeringan merupakan perbandingan antara jumlah energi yang digunakan dengan jumlah energi yang diberikan. Pada suhu tinggi laju pengeringan lebih cepat sehingga efisiensi energi bisa lebih rendah karena peningkatan energi yang diperlukan untuk memanaskan udara atau media pengering. Selain itu suhu tinggi dapat menyebabkan degradasi material, kehilangan kualitas produk atau reaksi kimia yang tidak diinginkan. Pada suhu rendah pengeringan biasanya lebih lambat tetapi bisa lebih efisien dalam hal penggunaan energi. Menurut Ahmad (2020), proses pengeringan yang efisien secara energi mempertimbangkan rasio energi yang dibutuhkan untuk memanaskan media. Suhu tinggi dapat menyebabkan peningkatan konsumsi energi yang tidak selalu diimbangi dengan peningkatan efisiensi pengeringan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Total energi panas yang masuk ke dalam ruang pengering pada perlakuan suhu 40-45°C sebesar 803,82 kJ, energi panas berguna 168 kJ, energi panas keluar sebesar 157,655 kJ, energi tersimpan sebesar 478,165 kJ dan energi panas yang

hilang sebesar 325,655 sedangkan jumlah energi masuk pada perlakuan suhu 50-55°C sebesar 1.148,57 kJ, energi panas berguna 165,2 kJ, energi panas keluar sebesar 197,069 kJ, energi panas tersimpan sebesar 786,301 kJ dan energi panas yang hilang 362,269 kJ.

2. Besarnya efisiensi energi total pengering selama proses pengeringan dengan perlakuan suhu 40-45°C sebesar 73% dan suhu 50-55°C sebesar 49%.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan bisa memberikan sedikit jarak antara bahan agar udara masuk dapat bergerak disekitar bahan dengan bebas dan model alat ini dimodifikasi lagi supaya dapat ditingkatkan suhunya, sehingga dapat meminimalisasi kehilangan energi panas pada alat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, R. Syah, H. dan Moulana R., (2016). Karakteristik pengeringan biji kopi dengan pengering tipe bak dengan sumber panas tungku sekap kopi dan kolektor surya. *Jurnal Ilmiah teknologi pertanian*, vol.1(1), hal. 20-27
- Ahmad, I. (2020). Energy Efficiency In Industrial Drying Processes. *Journal Energy Conversion and Management*.
- Amanto, B.S., Siswanti dan Angga, A. (2015). Kinetika pengeringan temu giring (*Curcuma heyneana* Valetton dan fan zijp) menggunakan cabinet dryer) dengan perlakuan pendahuluan blanching. *Jurnal Teknologi hasil pertanian*, Vol.8(2)
- Arbie, E. (2017). Pengaruh Perbedaan Metode Pengeringan Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) terhadap Sifat Fisiokimia dan Organoleptik keripik yang dihasilkan [Skripsi]. Padang : Unand
- Fauzi, M. dkk., (2017). Penggunaan vitamin c dan suhu pengering pada pembuatan chip (Irisan kering) labu

- kuning LA3 (*Cucurbita moschata*).
- Fithriani, D. Lutfi, A dan Zaenal, A.S. (2016). Karakteristik dan Modul Matematika Kurva Pengeringan Rumput Laut *Eucheuma cottonii*. Jurnal Kelautan dan Perikanan, Vol.11(2)
- Hely, K., dkk (2018). Pengaruh Lama Pengeringan terhadap Sifat Fisik Kimia Teh Daun Kersen (*Muntingia calabura L.*). Jurnal Agrotek, 5(01):1-9
- Mauliandri, H, L. (2015). Pemanfaatan Energi Panas Pada Proses Pengeringan Jagung (*Zea Mays L.*) Menggunakan Alat Fluidezed Bed. Universitas Mataram. Mataram.
- Paramitha, T., dkk. (2022). Kajian Kinetika, Analisis Energi, dan Analisis Eksergi, Pengeringan Ubi Jalar Cilembu dengan Tray Dryer. Jurnal Reaksi, 20(01)
- Rahman, A. F. Sukmawaty dan Rahmat Sabani (2017). Evaluasi Pengeringan Pisang sale (*Musa paradisiaca L.*) pada alat pengering hybrid (Surya-listrik) Tipe Rak. Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem, Vol. 5(1).
- Riansyah, A. Agus, S dan Rodiana, N. (2013). Pengaruh Perbedaan Suhu dan Waktu Pengeringan terhadap Karakteristik Ikan Asin Siam (*Trichogaster pectoralis*) dengan Menggunakan Oven
- Sari, Dian, R. A., dan Sigit, P. (2019). Pengaruh Waktu dan Suhu Pengeringan terhadap Karakteristik Teh Daun Tin (*Ficus Carica L.*). Jurnal Teknologi Hasil Pertanian, 12(2), 68-77.
- Suriadi dan Murti, M.D. (2011). Keseimbangan Energi Termal dan Efisiensi Transient Pengering Aliran Alami Pemanfaatan Kombinasi Dua Dimensi. Jurnal Teknik Industri, Vol.12(1)
- Yulita, D., Murad dan Sukmawaty. (2016). Analisis energi panas pada proses pengeringan manisan papaya (carica papaya L.) menggunakan alat pengering tipe rak. Jurnal ilmiah rekaya pertanian dan biosistem, Vol.4(1)
- Zamharir, Sukmawaty dan Asih Priyati. (2016). Analisis Pemanfaatan Energi Panas pada Pengeringan Bawang Merah (*Allium ascalonicum L.*) dengan Menggunakan Alat Pengering Efek Rumah Kaca (ERK). Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem, Vol.4(2)