

**ANALISIS ENERGI PANAS PADA PROSES PENGERINGAN MANISAN
PEPAYA (*Carica Papaya L.*) MENGGUNAKAN ALAT PENGERING TIPE RAK**

*Analysis of Thermal Energy in Candied Papaya (*Carica papaya L.*) Drying Process using Shelf
Type Dryer*

Dwi Yulita¹, Murad^{1,*}, dan Sukmawaty¹

¹Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri,
Universitas Mataram
E-mail^{*)}: muradfatepa@gmail.com

Diterima: 4 Februari 2016

Disetujui: 10 Maret 2016

ABSTRACT

Conventional drying still has many deficiencies; weather dependence is one of the problems. Therefore, alternative treatment needed to be conducted by using mechanical dryer that use heat and require additional energy for heating the material and vaporized the water, such as a shelf type dryer. This study aims to analyze thermal energy and studying energy balance in candied papaya drying process at shelf-type. This research was conducted at Laboratory of Bioprocess Engineering and Laboratory of Power and Machinery, in Studies Program of Agriculture Engineering, Faculty of Food and Agroindustrial Technology, University of Mataram. This study was performed using experimental design and energy equilibrium approach, with variable of air flowrates which varies at 3.43 m/sec and 4.55 m/sec. Amount of the outcoming energy obtained at 3.43 m/sec was 4477.12 to 4821.52 kJ/h and at 4.55 m/sec was 5437.80 kJ/h to 6797.25 kJ/h. While useful energy at 3.43 m/sec decreasing from 3675.37-1336.83 kJ/h and useful energy at 4.55 m/sec decreasing from 3891.71 kJ/h to 1082.45 kJ/h. The outcoming energy decreasing from 4926.06 kJ/h to 2292.07 kJ/h at 3.43 m/sec and 5247.75 kJ/h to 2155.51 kJ/h at 4.55 m/sec.

Keywords: *candied papaya, energy equilibrium, shelf type dryer*

ABSTRAK

Pengeringan secara konvensional masih memiliki banyak kekurangan, salah satunya sangat tergantung dengan cuaca. Sehingga perlu dilakukan suatu penanganan alternatif yaitu dengan menggunakan alat pengering mekanis menggunakan tambahan panas dan memerlukan energi untuk memanaskan bahan dan menguapkan air, yaitu dengan menggunakan alat pengering seperti alat pengering tipe rak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis energi panas dan mempelajari kesetimbangan energi pada proses pengeringan manisan pepaya menggunakan alat pengering tipe rak pada. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Bioproses dan Laboratorium Daya dan Mesin Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimental menggunakan pendekatan kesetimbangan energi dengan variabel kecepatan aliran udara yang bervariasi, yaitu kecepatan 3,43 m/detik, dan 4,55 m/detik. Pada kecepatan aliran udara 3,43 m/detik diperoleh jumlah energi yang masuk sebesar 4477,12-4821,52 kJ/jam dan pada kecepatan aliran udara 4,55 m/detik diperoleh jumlah energi yang masuk sebesar 5437,80-6797,25 kJ/jam. Energi berguna untuk kecepatan 3,43 m/detik menurun dari 3675,37-1336,8 kJ/jam. Energi berguna untuk kecepatan 4,55 m/detik menurun dari 3891,71-1082,45 kJ/jam. Untuk energi keluar menurun dari 4926,06-2292,07 kJ/jam untuk kecepatan 3,43 m/detik dan 5247,75-2155,51 kJ/jam untuk kecepatan 4,55 m/detik.

Kata kunci: kesetimbangan energi, manisan pepaya, pengering tipe rak

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan wilayah yang memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah. Sehingga menjadikan Indonesia dikenal sebagai negara agraris. Faktanya adalah bahwa sebagian besar mata pencarian penduduk Indonesia berasal dari sektor pertanian dan menjadikan sektor pertanian sebagai salah satu pilar besar perekonomian Indonesia, itulah mengapa negara Indonesia disebut sebagai negara agraris. Karena memang memiliki wilayah yang sangat potensial untuk mengembangkan usaha di sektor pertanian. Salah satunya adalah bahwa Indonesia terletak di garis khatulistiwa dan merupakan salah satu negara yang berada di wilayah tropis, oleh sebab itulah Indonesia memiliki potensi pertanian yang sangat baik dengan didukung kelimpahan sumber daya alam dan kondisi lingkungan Indonesia yang mendukung pertanian tropika (Prihardiyan, 2014).

Pepaya (*Carica papaya* L) merupakan tanaman buah, berupa herba dari famili caricaceae yang berasal dari Amerika Tengah dan Hindia Barat, bahkan kawasan sekitar Meksiko dan Costa Rica. Tanaman pepaya banyak ditanam baik di daerah tropis maupun subtropis, di daerah basah dan kering, atau di daerah dataran rendah dan pegunungan (Setiati, 2011).

Sebagai buah segar, pepaya relatif disukai oleh semua lapisan masyarakat karena cita rasanya yang enak, kaya vitamin A, B, dan C yang sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia. Buah pepaya mengandung enzim papain yang sangat aktif dan memiliki kemampuan mempercepat proses pencernaan protein, karbohidrat dan lemak. Bagian tanaman pepaya lainnya juga dapat dimanfaatkan, antara lain sebagai obat tradisional, pakan ternak dan kosmetik. Pepaya juga dapat diolah menjadi berbagai bentuk makanan dan minuman yang diminati pasar luar negeri seperti pasta pepaya, manisan kering, manisan basah, saus pepaya dan jus pepaya. Bahkan bijinya pun dapat diolah menjadi minyak dan tepung (Purba, 2008).

Sayangnya buah pepaya yang kaya gizi sangat mudah rusak. Penanganan yang kurang hati-hati saat panen, pengemasan dan pengangkutan yang kurang tepat akan memperparah jumlah kerusakan buah selama transportasi dari sentra produksi ke tempat

pemasaran. Serangan penyakit pasca panen selama penyimpanan juga menambah kerusakan buah selama penyimpanan. Pada saat panen raya terkadang buah tidak dipanen dan dibiarkan membusuk di kebun, karena ongkos petik dan angkut lebih besar dibandingkan dengan harga jualnya. Pengolahan buah pepaya menjadi berbagai jenis olahan merupakan salah satu solusi untuk memanfaatkan buah menjadi tidak cepat rusak (Anonim, 2011).

Penanganan pasca panen merupakan salah satu proses yang bertujuan agar hasil tanaman tersebut dalam kondisi baik dan sesuai/tepat untuk dapat segera dikonsumsi atau untuk bahan baku pengolahan. Sedangkan Pengolahan (*secondary processing*) merupakan tindakan yang mengubah hasil tanaman ke kondisi lain atau bentuk lain dengan tujuan dapat tahan lebih lama (pengawetan), mencegah perubahan yang tidak dikehendaki atau untuk penggunaan lain (Mutiarawati, 2007). Salah satu penanganan pasca panen yang biasa dilakukan adalah dengan proses pengeringan.

Pengeringan merupakan pengawetan secara fisik dengan cara menurunkan aktivitas air (Aw) melalui pengurangan kadar air pada makanan sampai pada kadar tertentu dimana tidak terjadi aktivitas mikroorganisme perusak pangan. Proses pengeringan dapat menggunakan sinar matahari maupun menggunakan mesin-mesin pengering. Pemanfaatan sinar matahari dapat menekan biaya sehingga proses ini dengan mudah ditemui pada masyarakat tradisional misalnya untuk pengeringan ikan maupun pengeringan padi. Tetapi metode pengeringan ini sangat tergantung pada cuaca dan kurang cocok dalam pengeringan buah-buahan karena dapat menurunkan mutu produk. Pemanfaatan mesin pengering banyak digunakan dalam skala industri maupun laboratorium, kelebihanannya yaitu tidak tergantung cuaca dan prosesnya lebih bisa dikontrol. Akan tetapi energi yang dibutuhkan untuk proses pengeringan sangat besar (Jannah, 2011).

Pengeringan produk hasil pertanian sampai saat ini masih banyak yang menggunakan cara konvensional yaitu menggunakan sinar matahari langsung yang masih dapat dikatakan cukup layak. Namun hasilnya masih kurang optimal dan kurang efisien dari segi waktu. Karena seperti yang

diketahui bahwa pengeringan secara konvensional masih banyak kekurangan, salah satunya sangat tergantung dengan cuaca. Sehingga perlu dilakukan suatu penanganan alternatif yaitu dengan menggunakan alat pengering mekanis menggunakan tambahan panas dan memerlukan energi untuk memanaskan bahan dan menguapkan air yaitu dengan menggunakan alat pengering seperti alat pengering tipe rak.

Masalah ini sangat erat kaitannya dengan inovasi teknologi mesin dan peralatan khususnya di bidang teknologi pangan dan agroindustri. Perlu dilakukan analisis energi untuk setiap mesin dan peralatan yang digunakan untuk mengetahui seberapa banyak energi yang dibutuhkan, energi yang diberikan, maupun energi yang terbuang selama proses pengeringan. Sehingga para *engineer* mampu mengatasi masalah energi yang terbuang pada mesin dan peralatan agar dapat digunakan secara maksimal (Sari, 2014).

Berdasarkan uraian diatas, dilakukan penelitian tentang “Analisis Energi Panas pada Proses Pengeringan Manisan Pepaya (*Carica Papaya L.*) Menggunakan Alat Pengering Tipe Rak”.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan penelitian yang digunakan adalah pepaya setengah matang sebanyak 1,5 kg, gula pasir sebanyak 750 gram, kapur sirih sebanyak 9 gram dan air. Sedangkan alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu termodigital, kamera, anemometer, timbangan digital, pisau, penggaris, nampan, thermometer bola basah dan bola kering, serta satu set alat pengering tipe rak sistem konveksi paksa.

Tahap Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental menggunakan pendekatan kesetimbangan energi. Pengujian ini dilaksanakan dengan menggunakan alat pengering tipe rak yang telah selesai dirancang dan dibuat untuk dapat diaplikasikan sesuai fungsinya dengan tahapan-tahapan kerja yang dilakukan sebagai berikut: mempersiapkan alat dan bahan penelitian, melakukan penelitian pendahuluan untuk mengetahui kondisi alat yang digunakan, mengukur parameter-parameter yang ditentukan pada penelitian,

seperti suhu, kelembaban, energi yang masuk ke dalam ruang pengering, energi yang berguna untuk pengeringan dan energi yang keluar melalui ventilasi.

Perhitungan Parameter

Parameter yang diamati dalam analisis energi panas pada proses pengeringan manisan pepaya menggunakan alat pengering tipe rak, antara lain:

1. Suhu (°C)
2. Kelembaban Relatif (%)
3. Kadar Air (%)
4. Kesetimbangan Energi

Menurut Murti (2010) prinsip dasar kesetimbangan energi adalah energi yang masuk harus sama atau seimbang dengan energi yang keluar.

1. Persamaan umum kesetimbangan energi

$$\dot{E}_{IN} - \dot{E}_{OUT} = \dot{E}_{ST} \dots\dots\dots 1)$$

$$\dot{E}_{IN} - (\dot{E}_{Losses\ Total\ Sistem} - \dot{E}_{USE}) = \dot{E}_{ST} \dots\dots\dots 2)$$

Keterangan :

$$\dot{E}_{IN} = \text{Laju energi yang masuk ke sistem (kJ/jam)}$$

$$\dot{E}_{OUT} = \text{Laju energi yang keluar dari sistem (kJ/jam)}$$

$$\dot{E}_{Losses\ Total\ Sistem} = \text{Laju energi yang keluar dari ventilasi (kJ/jam)}$$

$$\dot{E}_{USE} = \text{Laju energi yang berguna untuk mengeringkan bahan (kJ/jam)}$$

$$\dot{E}_{ST} = \text{Laju energi tersimpan (kJ/jam)}$$

2. Laju energi yang masuk ke dalam ruang pengering, \dot{E}_{IN} (kJ/jam)

Laju energi yang masuk ke dalam ruang pengering dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\dot{E}_{IN} = m \times Cp \times T_{IN} \dots\dots\dots 3)$$

Dimana:

$$\dot{E}_{IN} = \text{Laju energi yang masuk ke dalam ruang pengering (kJ/jam)}$$

$$m = \text{Laju aliran udara masuk ke dalam ruang pengering, (kg/jam)}$$

$$Cp = \text{Panas jenis udara, (1,007 kJ/kg°C)}$$

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

Laju aliran udara masuk dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\dot{m} = \rho \times v \times A \dots\dots\dots 4)$$

Dimana:

- \dot{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)

3. Laju energi yang berguna, \dot{E}_{USE} (kJ/jam)

Laju energi yang berguna dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\dot{E}_{USE} = mW \times L_H \dots\dots\dots 5)$$

Dimana :

- \dot{E}_{USE} = Energi berguna, (kJ/jam)
- MW = Massa produk yang diuapkan, (kg)
- L_H = Panas laten penguapan air, (2800 kJ/kg)

4. Laju energi yang keluar melalui ventilasi \dot{E}_{Losses} (kJ/jam)

Laju energi yang keluar dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\dot{E}_{Losses} = \frac{\dot{V} \times C_{pw} \times (T_d - T_a)}{N} \dots\dots\dots 6)$$

Dimana :

- \dot{E}_{Losses} = Laju energi keluar dari ventilasi, (kJ/jam)
- \dot{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)

5. Laju energi yang tersimpan, \dot{E}_{ST} (kJ/jam)

Laju energi yang tersimpan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\dot{E}_{IN} - (\dot{E}_{Losses Total Sistem} - \dot{E}_{USE}) = \dot{E}_{ST} \dots\dots\dots 7)$$

$$\dot{E}_{ST} = \dot{E}_{IN} - (\dot{E}_{Losses Total Sistem} - \dot{E}_{USE}) \dots\dots\dots 8)$$

Dimana :

- \dot{E}_{IN} = Laju energi yang masuk ke sistem (kJ/jam)

- \dot{E}_{OUT} = Laju energi yang keluar dari sistem (kJ/jam)

- $\dot{E}_{Losses Total Sistem}$ = Laju energi yang keluar dari ventilasi (kJ/jam)

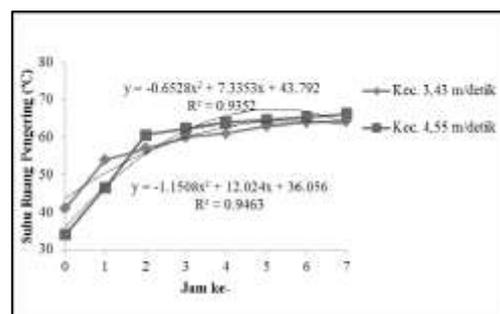
- \dot{E}_{USE} = Laju energi yang berguna untuk mengeringkan bahan (kJ/jam)

- \dot{E}_{ST} = Laju energi tersimpan (kJ/jam)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu

Grafik pada Gambar 1 menunjukkan hubungan waktu pengeringan dengan suhu pada ruang pengering. Suhu ruang pengering semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu pengeringan. Selain waktu pengeringan, kecepatan aliran udara juga mempengaruhi peningkatan suhu pada ruang pengering. Semakin besar kecepatan aliran udara, suhu di ruang pengering juga semakin meningkat. Hal ini dibuktikan dengan nilai suhu pada 1 jam pertama sebesar 41°C meningkat menjadi 64°C setelah 7 jam pengeringan pada kecepatan aliran udara 3,43 m/detik, sedangkan pada kecepatan aliran udara 4,55 m/detik pada 1 jam pertama suhunya sebesar 34°C mengalami peningkatan menjadi 66°C setelah 7 jam pengeringan. Hal ini menunjukkan hubungan yang berbanding lurus antara kecepatan aliran udara dengan suhu pada ruang pengering.

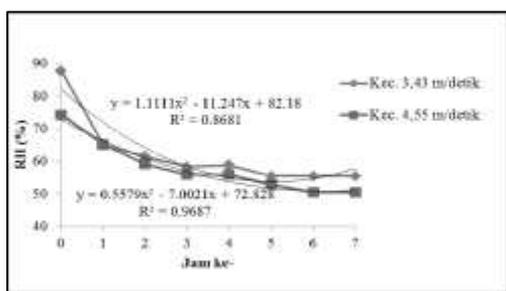


Gambar 1. Grafik Hubungan Waktu Pengeringan (Jam) dengan Suhu Ruang Pengering (°C)

Kelembaban Relatif

Grafik pada Gambar 2 menunjukkan hubungan antara waktu pengeringan dengan RH pada ruang pengering. Nilai RH pada ruang pengering semakin menurun seiring dengan meningkatnya suhu dan lamanya waktu pengeringan. Selain suhu dan waktu

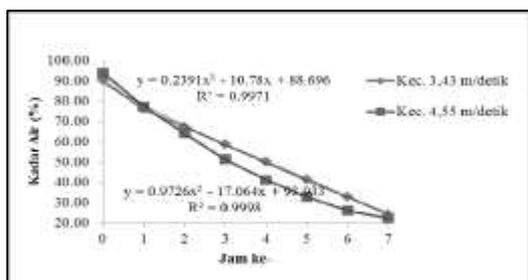
pengeringan, kecepatan aliran udara juga mempengaruhi penurunan nilai RH pada ruang pengering. Semakin besar kecepatan aliran udara, nilai RH pada ruang pengering juga semakin menurun, yaitu pada kecepatan aliran udara 3,43 m/detik RH akhirnya mencapai 55,51 % dan pada kecepatan aliran udara 4,55 m/detik nilai RH akhirnya mencapai 50,48%. Kelembaban udara (RH) dipengaruhi oleh suhu udara selama proses pengeringan berlangsung. Kelembaban udara menurun pada saat dipanaskan sehingga digunakan untuk membawa uap air bahan selama pengeringan. Ini sesuai dengan pendapat (Murad dkk, 2015) yang menyatakan bahwa, semakin rendah kelembaban relatif udara pengering, maka kemampuannya dalam menyerap uap air akan semakin besar. Hal sebaliknya akan terjadi jika kelembaban relatif udara pengeringan semakin besar, maka kemampuannya dalam menyerap uap air akan semakin kecil.



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Waktu Pengeringan (Jam) dengan RH Ruang Pengering (%)

Kadar Air

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan hubungan antara waktu pengeringan dengan kadar air bahan. Kadar air bahan mengalami penurunan seiring dengan semakin lamanya proses pengeringan berlangsung dan semakin besarnya kecepatan aliran udara yang masuk ke dalam ruang pengering.

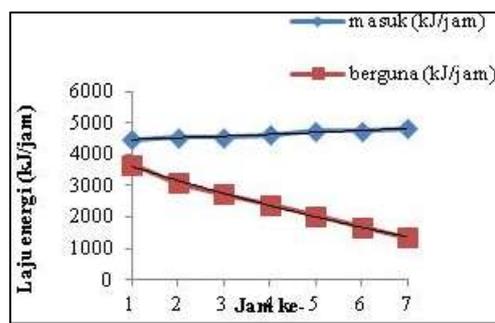


Gambar 3. Grafik Hubungan Waktu Pengeringan (Jam) dengan Penurunan Kadar Air (%)

Kadar air awal pada kecepatan aliran udara 3,43 dan 4,55 m/detik berturut-turut yaitu 90,42 % dan 94,00 % mengalami penurunan menjadi 24,19 % dan 22,43 % setelah dikeringkan selama 7 jam. Hal ini menunjukkan semakin lama proses pengeringan, maka kadar air semakin berkurang. Selain lamanya waktu pengeringan, faktor yang mempengaruhi penurunan kadar air bahan yaitu kecepatan aliran udara. Semakin besar kecepatan aliran udara, maka kadar air bahan semakin sedikit.

Kesetimbangan Energi

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa, laju energi berguna mengalami penurunan seiring dengan semakin lama waktu pengeringan, dan semakin tinggi suhu udara yang masuk ke ruang pengering. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan kadar air bahan, dengan kadar air awal sebesar 90,42 % menjadi 24,19 % produk setelah dikeringkan selama 7 jam pengeringan, karena semakin tinggi suhu di dalam ruang pengering, maka jumlah air yang menguap dari dalam produk semakin banyak seiring dengan semakin lama waktu pengeringan, sehingga energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air dari dalam produk semakin sedikit dan energi total terbangung bersama-sama udara buang yang bercampur uap air juga mengalami peningkatan.

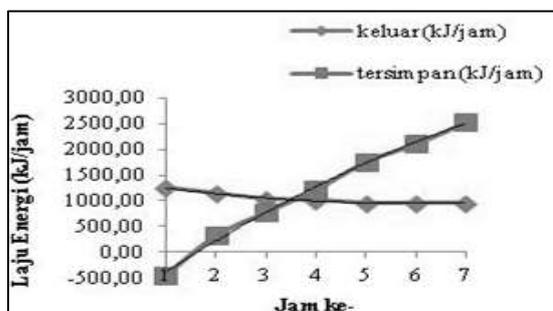


Gambar 4. Grafik Hubungan antara Waktu Pengeringan dengan Laju Energi yang Masuk dan Laju Energi Berguna Selama Proses Pengeringan pada Kecepatan Aliran udara 3,43 m/detik

Laju energi yang keluar melalui ventilasi semakin menurun seiring dengan semakin lama waktu pengeringan (Gambar 5). Hal ini ditunjukkan pada 1 jam pertama energi yang keluar sebesar 1250,69 kJ/jam menjadi 955,24 kJ/jam setelah 7 jam pengeringan. Total laju energi keluar pada penelitian ini adalah

jumlah dari laju energi yang keluar dari ventilasi ditambah dengan laju energi berguna. Sehingga total energi keluar pada 1 jam pertama sebesar 4926,06 kJ/jam menjadi 2292,07 kJ/jam setelah 7 jam pengeringan.

Laju energi tersimpan dalam sistem di sini diasumsikan sebagai energi tersimpan dalam ruang pengeringan sehingga energi yang tersimpan pada material pengeringan tersebut sebagai variabel energi tersimpan. Energi masuk lebih besar dari energi keluar maka laju perubahan energi tersimpan bertambah (positif). Hal ini ditunjukkan pada Gambar 5 dimana pada 2 jam pengeringan, laju energi masuk lebih besar dari laju energi keluar yaitu 4546,00 kJ/jam > 4229,00 kJ/jam sampai 7 jam pengeringan yaitu 4821,52 kJ/jam > 2292,07 kJ/jam. Sedangkan pada 1 jam pertama laju energi masuk lebih kecil dari laju energi keluar yaitu 4477,12 kJ/jam < 4926,06 kJ/jam. Sehingga laju perubahan energi tersimpan bernilai negatif yang menunjukkan bahwa adanya penurunan terhadap energi tersimpan. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 5 pada 1 jam pertama laju energi tersimpan sebesar -488,94 kJ/jam. Apabila laju energi masuk = laju energi keluar, maka laju perubahan energi tersimpan nilainya 0 (nol), itu menunjukkan tidak ada perubahan laju energi tersimpan (konstan) di ruang pengering atau yang disebut dengan kondisi *steady state*.

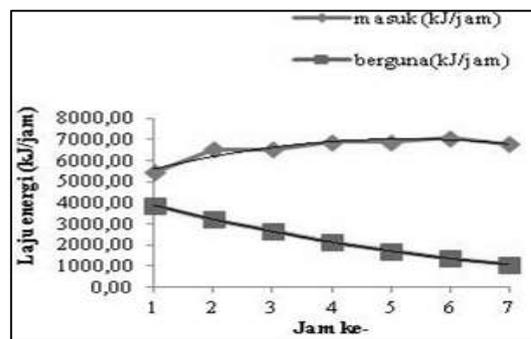


Gambar 5. Grafik Hubungan antara Waktu Pengeringan dengan Laju Energi yang tersimpan dan Laju Energi keluar Selama Proses Pengeringan pada Kecepatan Aliran Udara 3,43 m/detik

Gambar 4 dan 5 menunjukkan hubungan antara laju energi yang masuk, laju energi yang berguna, laju energi yang keluar melalui ventilasi dan laju energi tersimpan pada kecepatan aliran udara 4,55 m/detik. Seperti halnya pada kecepatan aliran udara 3,43 m/detik, pada Tabel 6 terlihat laju energi

berguna lebih kecil dibandingkan dengan laju energi masuk sistem. Laju energi masuk ke ruang pengeringan mengalami peningkatan seiring dengan semakin lama waktu pengeringan dan semakin tinggi suhu udara yang masuk ke ruang pengering. Selai kedua faktor tersebut, kecepatan aliran udara juga mempengaruhi peningkatan laju energi masuk. Semakin besar kecepatan aliran udara yang masuk ke ruang pengering, maka semakin besar laju energi yang masuk ke dalam ruang pengering yaitu pada 1 jam pertama sebesar 5437,80 kJ/jam mengalami peningkatan menjadi 6797,25 kJ/jam setelah 7 jam pengeringan.

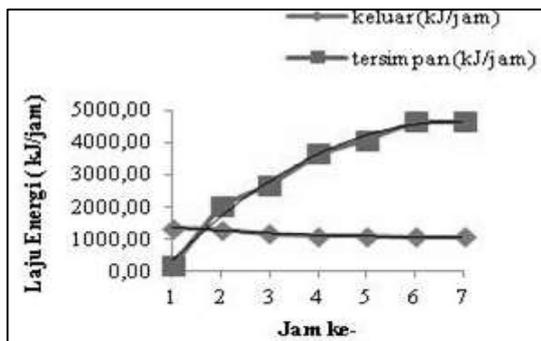
Laju energi berguna adalah energi yang dimanfaatkan untuk mengeringkan manisan pepaya selama proses pengeringan. Pada tabel 6, laju energi berguna lebih sedikit dibandingkan dengan laju energi yang masuk ke ruang pengering yaitu sebesar 3891,92 kJ/jam pada 1 jam pertama dan tiap jam mengalami penurunan sampai 1082,45 kJ/jam setelah 7 jam pengeringan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 6 berikut:



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Waktu Pengeringan dengan Laju Energi yang Masuk dan Laju Energi Berguna Selama Proses Pengeringan pada Kecepatan Aliran Udara 4,55 m/detik

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. Hal ini disebabkan karena semakin besar kecepatan aliran udara yang masuk ke ruang pengering, maka suhu di dalam ruang pengering juga semakin tinggi. Hal ini juga ditunjukkan dengan penurunan kadar air bahan, dengan kadar air awal sebesar 94,00% menjadi 22,43% produk setelah dikeringkan selama 7 jam pengeringan, karena semakin tinggi suhu di

dalam ruang pengering, maka jumlah air yang menguap dari dalam produk semakin banyak seiring dengan semakin lama waktu pengeringan, sehingga energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air dari dalam produk semakin sedikit.



Gambar 7. Grafik Hubungan antara Waktu Pengeringan dengan Laju Energi yang tersimpan dan Laju Energi keluar Selama Proses Pengeringan pada Kecepatan Aliran Udara 4,55 m/detik

Laju energi yang keluar melalui ventilasi semakin menurun seiring dengan semakin lama waktu pengeringan. Hal ini ditunjukkan pada 1 jam pertama energi yang keluar sebesar 1355,82 kJ/jam menjadi 1073,06 kJ/jam setelah 7 jam pengeringan. Total laju energi keluar pada penelitian ini adalah jumlah dari laju energi yang keluar dari ventilasi ditambah dengan laju energi berguna. Sehingga total energi keluar pada 1 jam pertama sebesar 5247,75 kJ/jam menjadi 2155,51 kJ/jam setelah 7 jam pengeringan.

Gambar 6 menunjukkan bahwa pada 1 jam pertama sampai 7 jam pengeringan, laju energi masuk lebih besar dari energi keluar maka laju perubahan energi tersimpan bertambah (positif). Hal ini ditunjukkan pada Gambar 6 dimana pada 1 jam pertama laju energi masuk lebih besar dari laju energi keluar yaitu 5437,80 kJ/jam > 5247,75 kJ/jam sampai 7 jam pengeringan yaitu 6797,25 kJ/jam > 2155,51 kJ/jam. Apabila laju energi masuk = laju energi keluar, maka laju perubahan energi tersimpan nilainya 0 (nol), itu menunjukkan tidak ada perubahan laju energi tersimpan (konstan) di ruang pengering atau yang disebut dengan kondisi *steady state*.

Persamaan umum kesetimbangan energi adalah laju energi yang masuk sama dengan laju energi berguna ditambah dengan laju energi tersimpan ditambah dengan laju

energi keluar sistem dan dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\dot{E}_{IN} - (\dot{E}_{Losses\ Total\ Sistem} - \dot{E}_{USE}) = \dot{E}_{ST}$$

Energi panas pada ruang pengering, baik energi masuk, energi berguna, energi tersimpan maupun energi keluar mengalami perubahan tiap 1 jam pengeringan untuk mencapai kesetimbangan energi pada proses pengeringan

Perubahan energi panas pada proses pengeringan manisan pepaya pada 1 jam pertama sampai sebesar 4477,12 kJ/jam dan meningkat menjadi 4546,00 kJ/jam pada 2 jam dan 3 jam pengeringan. Jumlah energi yang masuk tidak meningkat pada 3 jam pengeringan disebabkan karena suhu yang masuk ke dalam ruang pengering tidak mengalami peningkatan. Energi berguna pada 1 jam pertama sebesar 3675,37 kJ/jam dan mengalami penurunan sampai 3 jam pengeringan menjadi 3087,06 kJ/jam dan 2737,26 kJ/jam. Untuk energi tersimpan terjadi peningkatan dan penurunan. Hal ini disebabkan oleh perubahan suhu yang terjadi di dalam ruang pengering tiap jamnya, apabila perubahan suhu besar, maka energi tersimpan juga besar. Sebaliknya apabila perubahan suhunya kecil, maka energi tersimpan kecil, dan apabila tidak terjadi perubahan suhu maka energi tersimpan 0 (nol). Hal ini ditunjukkan dengan nilai sebesar 607,35 kJ/jam; 67,48 kJ/jam; dan 134,97 kJ/jam selama 3 jam pengeringan. Energi keluar pada 1 jam pertama sebesar 194,41 kJ/jam dan mengalami peningkatan sampai 3 jam pengeringan menjadi 1391,45 kJ/jam dan 1673,77 kJ/jam selama 3 jam pengeringan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Laju energi yang masuk ke ruang pengering semakin meningkat seiring dengan semakin tinggi suhu dan kecepatan aliran udara yaitu pada kecepatan aliran udara 3,43 m/detik sebesar 4821,52 kJ dan pada kecepatan aliran udara 4,55 m/detik sebesar 6797,25 kJ.
2. Laju energi yang berguna semakin sedikit seiring dengan semakin tinggi suhu dan

semakin besar kecepatan aliran udara yaitu pada kecepatan aliran udara 3,43 m/detik sebesar 1336,83 kJ dan pada kecepatan aliran udara 4,55 m/detik sebesar 1082,45 kJ.

3. Laju energi yang keluar melalui ventilasi semakin berkurang seiring dengan semakin lama waktu pengeringan yaitu pada kecepatan aliran udara 3,43 m/detik sebesar 1250,68 menjadi 955,25 kJ dan pada kecepatan aliran udara 4,55 m/detik sebesar 1355,82 kJ menjadi 1073,06 kJ setelah 7 jam pengeringan.
4. Laju energi masuk lebih besar dari laju energi keluar maka laju perubahan energi tersimpan bertambah (positif). Laju energi masuk lebih kecil dari laju energi keluar maka laju perubahan energi tersimpan bernilai negatif yang menunjukkan bahwa adanya penurunan terhadap energi tersimpan dan apabila laju energi masuk = laju energi keluar, maka laju perubahan energi tersimpan nilainya 0 (nol), itu menunjukkan tidak ada perubahan laju energi tersimpan (konstan) di ruang pengering atau yang disebut dengan kondisi *steady state*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2011. Diversifikasi Olahan Buah Pepaya. Edisi 16-22 Nopember 2011 No.3431 Tahun XLII. (diakses 20 Januari 2015 pukul 19.00 WITA).
- Jannah, M. 2011. Pengeringan Osmotik pada Irisan Buah Mangga Arumanis (*Mangifera indica L.*) dengan Pelapisan Kitosan. http://www.MiftahulJannah_F14070128.pdf (diakses 20 Januari 2015 pukul 19.00 WITA).
- Mutiawati, T. 2007. Penanganan Pasca Panen Hasil Pertanian. http://www.Penanganan_pasca_panen_hasil_pertani_a.pdf (diakses 20 Januari 2015 pukul 19.00 WITA).
- Murad, Rahmat Sabani, Guyup Mahardhian Dwi Putra. 2015. Pengeringan Lapis Tipis Kopra Putih Lapis Tipis Menggunakan Oven Pengering. Jurnal Rekayasa Pertanian dan Biosistem Vol. 3 No. 2 September 2015.
- Prihardiyan, H., E. 2014. Potensi Sektor Pertanian di Indonesia. http://www.Potensi_Sektor_Pertanian_di_Indonesia~Menebar_Manfaat_dengan_Ilmu.htm. (diakses 20 Januari 2015 pukul 19.00 WITA).
- Purba, A., P. 2008. Analisis Pendapatan Usahatani Dan Saluran Pemasaran Pepaya California. <http://www.A08app.pdf;jsesionid=713CD48DBE6079286584AB5A7180ED20.pdf> (diakses 20 Januari 2015 pukul 19.00 WITA).
- Sari, S., P. 2014. Analisis Energi pada Pengeringan Jagung Sistem Fluidized Bed. Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri. Universitas Mataram.
- Setiaty, E., D. 2011. Produksi Buah Pepaya Varietas Callina (*Carica Papaya L.*) Pada Kombinasi Pupuk Organik Dan Anorganik Di Tanah Ultisol. [http://www.Makalah_seminar_NAS_HORTIKULTURA\(1\)_2.pdf](http://www.Makalah_seminar_NAS_HORTIKULTURA(1)_2.pdf) (diakses 20 Januari 2015 pukul 19.00 WITA).