

UJI KINERJA MESIN PENGERING TIPE DMP 2 BERBASIS ENERGI *HYBRID* MATAHARI DAN LPG (*LIQUEFIED PETROLEUM GAS*) UNTUK SAYUR BAWANG PREI (*ALLIUM PORRUM*)

Performance Test Of Dmp 2 Type Drying Machine Based On Hybrid Solar Energy And Liquefied Petroleum Gas For Leek (Allium Porrum)

Ary Mustofa Ahmad^{1,*}, Darmanto¹, Vavo Janmartin Sitanggang², Arini Robbil Izzati Ulinuha³

^{1,2,3} Departemen Teknik Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang

* Email: arymustofa@ub.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.20884/1.jaber.2023.4.2.9444>

Naskah ini diterima pada 08 Agustus 2023; revisi pada 02 September 2023; disetujui untuk dipublikasikan pada 10 November 2023

ABSTRAK

Bawang prei (*Allium porrum.*) adalah jenis sayuran yang berasal dari keluarga allium yang biasa digunakan sebagai campuran masakan. Setiap sayuran segar memiliki kadar air yang cukup tinggi dan dapat terserang mikroorganisme jika berada dilingkungan yang kurang tepat, sehingga sayuran memiliki daya simpan yang relatif rendah. Untuk mengurangi kadar air bawang prei bisa dilakukan dengan cara pengeringan. Selain memperpanjang umur simpan, pengeringan juga dapat memperpendek produk pertanian saat dibawa kemana-mana. Alat pengering DMP 2 merupakan pengembangan *prototype* alat pengering DMP 2 yang menggunakan energi *hybrid* tenaga matahari dan LPG (*Liquefied Petroleum Gas*). Alat ini memiliki 3 tingkatan rak, setiap tingkatan terdiri dari 2 rak dengan jarak antar rak sebesar 30 cm. Posisi tingkat satu berada di atas dan tingkat tiga berada di bawah. Jarak antara rak terbawah dengan plat konduktor (pembatas dari sumber panas) yaitu 50 cm. Hasil penelitian didapatkan nilai rata-rata kadar air awal dan akhir bawang prei yaitu 94% dan 16,07%. Jumlah energi keluar (Q_{out}) pada pengeringan sebesar 6313,73 kJ/kg dengan besar kalor sensibel (Q_s) sebesar 49,01 kJ/kg dan kalor laten (Q_l) sebesar 6264,72 kJ/kg. Jumlah energi masuk (Q_{in}) sebesar 147464,79 kJ/kg dengan besar energi matahari (Q_{sun}) sebesar 84647,68 kJ/kg dan besar energi LPG (Q_{LPG}) sebesar 62817,11 kJ/kg.

Kata kunci: Bawang prei, mesin pengering DMP 2, uji kinerja

ABSTRACT

Leek (Allium porrum.) is the vegetable of the allium family that is commonly used in cooking. Any fresh vegetable has a fairly high water content and can be attacked by microorganisms if it is in an inappropriate environment and will make it in low shelf life. The moisture content of leeks can be reduced by drying. In addition to extending shelf life, drying can also make them easier to transport. The DMP 2 dryer is a development of the DMP 2 dryer prototype that uses hybrid solar energy and LPG. This dryer has 3 levels of shelves, each level consists of 2 shelves with a distance between shelves of 30 cm. The position of the first level is at the top. The distance between the bottom shelf and the conductor plate is 50 cm. The results obtained the average value of initial and final moisture content of leeks are 94% and 16.07%. The amount of outgoing energy during drying was 6313.73 kJ/kg with a large sensible heat of 49.01 kJ/kg and latent heat of 6264.72 kJ/kg. The amount of input energy was 147464.79 kJ/kg with solar energy of 84647.68 kJ/kg and LPG energy] of 62817.11 kJ/kg.

Keywords: *Leek, DMP 2 dryer, performance test*

PENDAHULUAN

Bawang Prei (*Allium porrum.*) termasuk dalam golongan bawang daun yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Menurut data BPS (Badan Pusat Statistik) dalam dua Tahun terakhir produksi tanaman sayuran golongan Bawang Daun di Indonesia mengalami peningkatan, yaitu tahun 2020 sebesar 5.797.478 kuintal dan tahun 2021 sebesar 6.262.383 kuintal. Bawang Prei (*Allium porrum.*) memiliki kadar air yang cukup tinggi. Hal ini menyebabkan Bawang Prei (*Allium porrum.*) mudah terserang mikroorganisme yang menyebabkan daya simpan relatif rendah. Pengurangan kadar air merupakan salah satu cara untuk memperpanjang umur simpan pada Bawang Prei (*Allium porrum.*) dengan salah satu teknologi pasca panen, yaitu dengan cara pengeringan produk. Selain memperpanjang umur simpan, pengeringan juga bertujuan untuk mengurangi volume dan berat produk. Pengeringan adalah metode pengawetan dengan cara pengurangan kadar air dari bahan pangan sehingga daya simpan menjadi lebih panjang. Perpanjangan daya simpan terjadi karena aktivitas mikroorganisme dan enzim menurun sebagai akibat dari air yang dibutuhkan untuk aktivitasnya tidak cukup. Selain itu bertujuan untuk mengawetkan, pengering juga bertujuan untuk mengurangi volume dan berat produk. Implikasi pengurangan volume dan berat produk terhadap biaya produksi, distribusi, dan penyimpanan dapat mereduksi biaya operasional (Saidi dan Wulandari, 2019).

Penelitian ini dilakukan karena adanya permasalahan dimasyarakat terkait dengan umur simpan bahan pangan atau bahan hasil pasca panen pertanian salah satunya Bawang Prei (*Allium porrum.*). Teknologi pasca panen pengeringan untuk sayuran yang dapat diterapkan oleh petani, yang akan menjadi solusi untuk menaikkan nilai ekonomis produk hasil pertanian. Salah satu teknologi pasca panen yang telah dikembangkan adalah mesin pengering DMP (Daya Mesin Pertanian) 2 yang merupakan mesin pengering menggunakan energi *hybrid* tenagamatahari dan LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), akan tetapi belum dilakukan uji kinerja. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang uji kinerja pengering DMP (Daya Mesin Pertanian) 2 untuk pengeringan Bawang Prei (*Allium porrum.*).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan antara lain: rumah pengering ERK (Efek Rumah Kaca), kompor gas, panci kukus, plat konduktor 50x50 cm, timbangan analitik, *thermohygrometer*, termometer digital, rak, *fan* 12x12 cm, *stopwatch*, *luxmeter*, pisau, kamera, dan alat tulis. Adapun bahan yang digunakan antara lain: bawang prei segar, gas LPG 3kg, dan air.

Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini yang pertama adalah melakukan persiapan bahan yang akan digunakan yang meliputi: pemotongan bahan, pencucian bahan, penimbangan bahan, dan *blanching* bahan. Kedua adalah pengeringan bahan dengan dua metode yang meliputi: pengeringan dengan sumber panas matahari dan pengeringan dengan sumber panas kompor LPG. Ketiga adalah menghitung uji kinerja mesin yang meliputi: kadar air bahan, laju pengeringan, energi matahari, energi kompor gas LPG, energi menguapkan air bahan, dan efisiensi alat.

Persiapan Bahan

Terdapat beberapa tahapan persiapan bahan yang dilakukan. Pertama adalah bahan dipotong dengan tebal 1 cm. Kemudian bahan dicuci dengan air mengalir. Lalu bahan ditimbang seberat 100 gram untuk bahan sampel dan 400 gram untuk bahan utama. Setelah itu bahan *diblanching* dengan cara dikukus pada panci kukus selama dua menit dengan suhu 75°C. Terakhir adalah bahan ditiriskan terlebih dahulu sebelum dilakukan metode selanjutnya.

Pengeringan Bahan

Pengeringan dimulai pada pukul 06.00 WIB dengan pencatatan suhu dan kelembaban udara pada masing-masing tingkatan rak yang telah diberi *thermohygrometer* setiap dua jam sekali. Pemberian sumber panas dari kompor dilakukan saat menjelang malam hari atau pukul 18.00 WIB hingga pukul 06.00 WIB. Pengukuran kadarair dilakukan setiap dua jam sekali. Proses pengeringan dihentikan jika tidak terjadi penurunan massa produk sebanyak dua kali secara berturut-turut atau penurunan massa tidak lebih dari dua persen dari massa total awalsebanyak dua kali berturut-turut. Setelah bawang prei sudah kering, massa akhir bahan sampel ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 100 °C hingga kadar air dalam bahan nol. Tujuan bahan sampel dimasukkan ke dalam adalah untuk mengetahui massa massa bawang prei tanpa air.

Persebaran Suhu (Temperatur)

Suhu adalah ukuran atau derajat panas atau dinginnya benda atau sistem. Suhu didefinisikan sebagai suatu besaran fisika yang dimiliki bersama antara dua benda atau lebih yang berada dalam kesetimbangan termal. Jika panas dialirkan pada suhu benda, maka suhu benda tersebut akan turun jika benda yang bersangkutan kehilangan kehilangan panas. Akan tetapi hubungan antara satuan panas dengan satuan suhu tidak merupakan suatu konstan, karena besarnya peningkatan suhu akibat penerimaan panas dalam jumlah tertentu akan dipengaruhi oleh daya tampung panas (*heat capacity*) yang dimiliki oleh benda penerima tersebut (Supu *et al*, 2016).

Kelembaban Udara

Kelembaban udara merupakan tingkat kebasahan udara karena dalam udara air selalu terkandung dalam uap air. Kelembaban udara mempunyai beberapa istilah, yaitu kelembaban mutlak, kelembaban spesifik, dan kelembaban nisbi atau kelembaban relatif. Kelembaban udara disuatu tempat sangat bergantung pada beberapa faktor seperti suhu, tekanan udara, pergerakan angin, kuantitas dan kualitas penyinaran dan vegetasi (Surmi *et al*, 2016).

Kadar Air Basis Basah dan Kering

Menurut Chan dan Darius (2018), kadar air yang terkandung dalam produk dinyatakan dalam dua cara, yaitu basis basah dan basis kering. Kadar air basis basah dapat didefinisikan sebagai perbandingan massa air pada produk dengan massa total produk. Secara matematika kadar air basis basah ditulis sebagai berikut.

$$MC_{wb} = \frac{M_o - M_d}{M_o} \times 100\%$$

Sedangkan kadar air basis kering adalah massa air produk per satuan massa kering produk, dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$MC_{db} = \frac{M_o - M_d}{d} \times 100\%$$

Dimana:

MC_{wb} = kadar air basis basah (%bb)

MC_{db} = kadar air basis kering (%bb)

M_o = massa total produk (gram)

M_d = massa produk tanpa air (gram)

Laju Penurunan Kadar Air

Laju pengeringan atau laju penurunan kadar air adalah perubahan kadar air dari bahan per satuan waktu. Selama periode laju pengering konstan, air permukaan pada bahan diuapkan ke lingkungan sehingga kadar air menurun dengan laju konstan. Sedangkan laju pengeringan menurun terjadi setelah periode pengeringan konstan selesai. Pada tahap ini kecepatan aliran air

bebas dari dalam bahan ke permukaan lebih kecil dari kecepatan pengambilan uap air maksimum dari bahan (Mariyam *et al*, 2021). Laju pengeringan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Laju pengeringan} = \frac{m_0 - m_1}{t}$$

Dimana :

m_0 = massa produk mula-mula (gram)

m_1 = massa akhir produk (gram)

t = waktu pengering (detik)

Efisiensi Energi

Efisiensi energi adalah pemanfaatan energi secara rasional dan bijaksana tanpa mengurangi energi yang benar-benar dibutuhkan dalam menunjang pembangunan. Efisiensi energi mengandung arti bahwa penghematan penggunaan energi yang berakibat pada terganggunya pembangunan bukan merupakan efisiensi energi (Mulyani, 2018). Efisiensi energi pengeringan dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah energi untuk menguapkan air bahan dengan energi yang dihasilkan dari sumber energi yang digunakan untuk pengeringan, dengan menggunakan persamaan berikut: (Suhendar *et al*, 2018).

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

Dimana :

η = efisiensi energi pengeringan

Q_{in} = energi masuk atau energi dari sumber yang digunakan

Q_{out} = energi keluar atau energi untuk menguapkan air bahan

Energi Keluar (Q_{out})

Ada dua faktor yang harus diketahui untuk mengetahui energi yang dibutuhkan untuk mengeringkan bawangprei, yaitu kalor sensible dan kalor laten bahan yang dikeringkan. Kalor sensibel adalah kalor yang digunakan untuk menaikkan temperatur produk basah menjadi temperatur produk kering, pada proses pengeringan terjadi perubahan fasa. Kalor sensibel dapat dihitung dapat dihitung dengan persamaan berikut: (Sari, 2017)

$$Q_s = mb \times Cp \times \Delta T$$

Dimana :

Q_s = Energi untuk memanaskan bawang prei (kJ)

C_p = Panas jenis bawang prei (kJ/kg°C)

C_p = (0,837 + 0,034.MCwb) kJ/kg°C

ΔT = Selisih suhu di luar dan di dalam rumah pengering (°C)

M_b = Massa bawang prei (kg)

Kalor laten merupakan energi yang digunakan untuk mengubah air pada produk menjadi uap. Kalor laten dapat dihitung dengan persamaan berikut (Sari, 2017) :

$$Q_L = mw \times LH$$

Dimana :

Q_L = Energi untuk mengeringkan bahan (kJ)

mw = Massa air yang diuapkan (kg)

LH = Panas laten air ($2,26 \times 10^3 \text{ kJ/kg} = 2,26 \times 10^3 \text{ J/g}$)

Maka, besarnya energi yang dibutuhkan untuk memanaskan dan menguapkan air pada produk yang dikeringkandapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_{out} = Q_s + Q_L$$

Energi Masuk (Q_{in})

Energi masuk (Q_{in}) merupakan energi yang masuk pada alat pengering Bawang Prei berbasis efek rumah kacadengan penambahan kompor berbahan bakar LPG (*Liqufied Petroleum Gas*) yang digunakan saat malam hari sebagai sumber panas. Pada penelitian ini energi masuk yang dihitung yaitu energi matahari pada ruang pengering dan energi LPG. Energi matahari adalah sumber energi panas yang berguna untuk pengeringan selainitu, energi matahari juga mempunyai jumlah yang tidak terbatas sehingga merupakan sumber cadangan energi yang terbesar di bumi (Sari, 2017).

a. Energi matahari pada ruang pengeringan

$$Q_{sun} = (I \times 0,0079) \times \tau \times A \times t$$

Dimana :

Q_{sun} = energi matahari (kJ)

I = intensitas matahari ($\text{lux} = 0,0079 \text{ Watt/m}^2$)

τ = transmisivitas plastik UV (81%)

A = luas bidang (m)

= lama pengeringan (s)

b. Energi kompor LPG (*Liqufied Petroleum Gas*)

Pada *Calorific Value (LHV)* setiap penurunan massa **per 1 gram massa pada LPG = 47089,29 J** (Mallombasang *et al*, 2020). Jadi, besarnya energi matahari dan energi kompor berbahan bakar LPG yang masuk pada alat pengering berbasis efek rumah kaca dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_{in} = Q_{sun} + Q_{LPG}$$

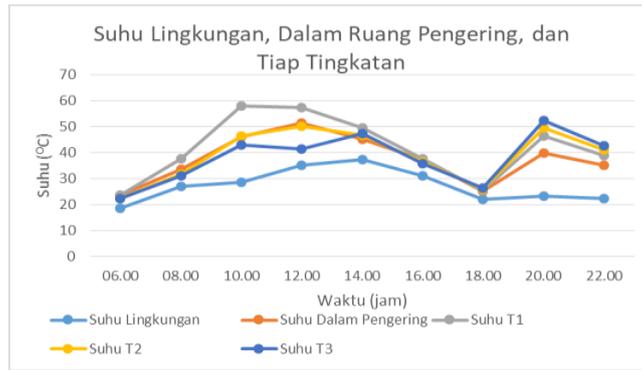
HASIL DAN PEMBAHASAN

Persebaran Suhu (Temperatur)

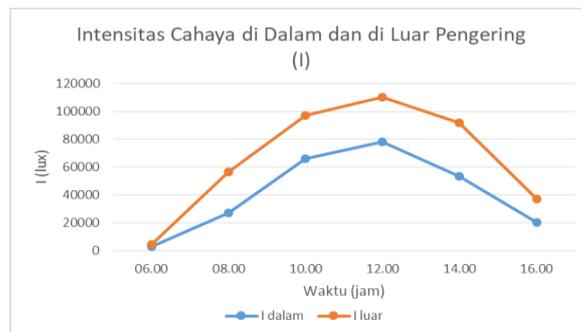
Persebaran suhu pada pengering DMP 2 terdiri dari suhu lingkungan, suhu di dalam ruang pengering, suhu setiap tingkatan, dan suhu bahan setiap rak. Perhitungan suhu lingkungan, suhu di dalam ruang pengering, dan suhu setiap tingkatan menggunakan *thermohygrometer* dan perhitungan suhu bahan menggunakan termometer digital.



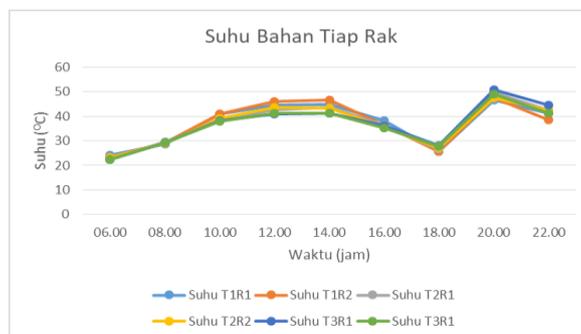
Gambar 1. Pengukuran suhu secara berurut dari kiri kekanan, yaitu: suhu tiap tingkatan, suhu bahan, suhu didalam ruang pengering, dan suhu lingkungan



Gambar 2. Grafik persebaran suhu setiap tingkatan, di dalam ruang pengering, dan suhu lingkungan



Gambar 3. Grafik intensitas cahaya dalam dan luar pengering



Gambar 4. Grafik persebaran suhu bahan di setiap rak

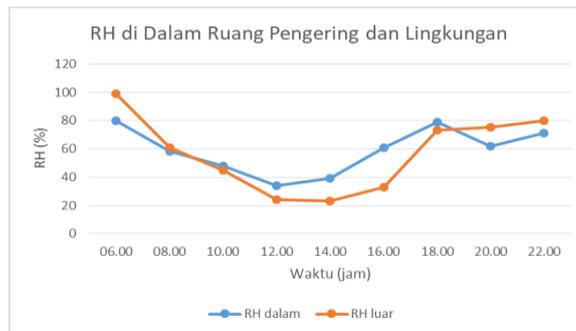
Pada saat menggunakan sumber energi matahari, suhu tingkat satu (T1) lebih tinggi dibandingkan dengan suhu pada tingkat dua (T2) dan tingkat tiga (T3) dan pada saat menggunakan pemanas kompor LPG, suhu tingkat tiga (T3) lebih tinggi dibandingkan dengan suhu tingkat satu (T1) dan tingkat dua (T2). Hal ini disebabkan oleh pada saat menggunakan sumber matahari posisi tingkat satu berada paling atas sehingga mendapat sinar matahari langsung tanpa terhalang dan pada malam hari tingkat tiga (T3) berada paling dekat dengan sumber panasnya (Sari *et al*, 2014).

Kelembaban Relatif (RH)

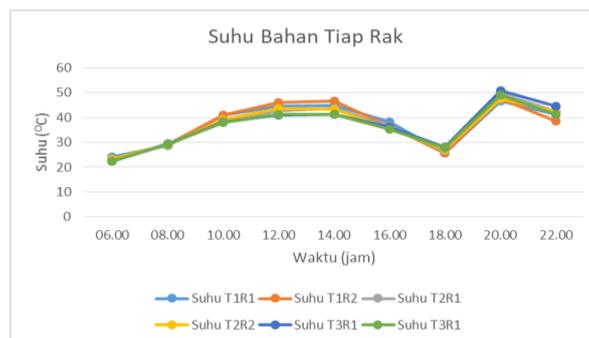
Kelembaban relatif (RH) yang dihitung pada penelitian ini terdiri dari kelembaban relatif di luar pengering (lingkungan), di dalam pengering, dan rak tiap tingkat. Alat yang digunakan untuk menghitung kelembaban relatif pada penelitian ini adalah *thermo hygrometer*. Pengukuran kelembaban relatif dilakukan setiap dua jam sekali dan dimulai mulai dari pukul 06.00 WIB hingga pukul 22.00 WIB.



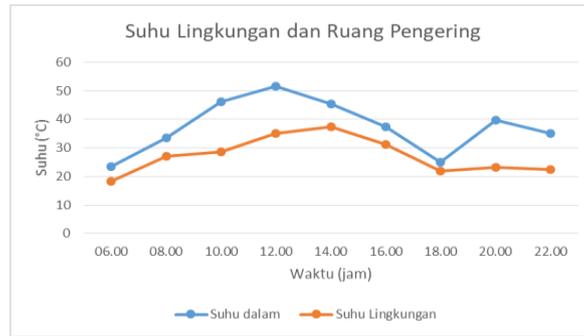
Gambar 5. Pengukuran kelembaban relatif tiap tingkat (kiri), di dalam ruang pengering (tengah), dan lingkungan (kanan)



Gambar 6. Grafik RH dalam pengering dan luar pengering (lingkungan)



Gambar 7. Grafik RH pada tiap tingkatan

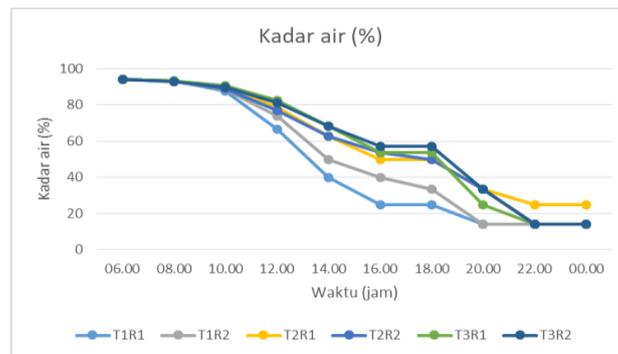


Gambar 8. Grafik suhu lingkungan (luar) dan dalam pengering

Pada saat menggunakan sumber energi matahari, kelembaban relatif terendah pada tingkat 1 (T1) dan pada saat menggunakan sumber energi kompor LPG, kelembaban relatif terendah pada tingkat tiga (T3). Pada penelitian Susilo *et al* (2012) mengatakan bahwa pengaruh panas yang diterima akan mempengaruhi kelembaban tiap titik, semakin dekat dengan sumber panas akan memiliki kelembaban yang lebih rendah.

Kadar Air Basis Basah dan Kering

Kadar air yang dihitung pada penelitian ini adalah kadar air basis basah dengan bahan yang dikeringkan adalah bawang prei. Perhitungan kadar air pada penelitian ini dilakukan setiap dua jam sekali per rak dimulai dari pukul 06.00 WIB sampai dengan pukul 22.00 WIB. Besaran kadar air setiap rak dapat dilihat melalui gambardan tabel berikut:



Gambar 9. Grafik kadar air setiap rak per dua jam

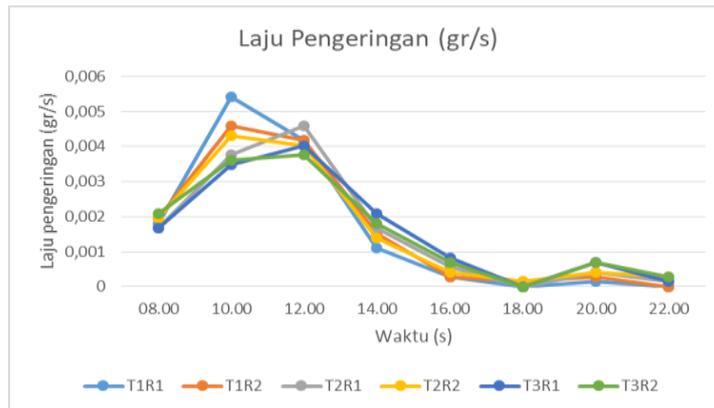
Tabel 1. Kadar air akhir dan massa akhir setiap rak

Tingkat/Rak	Massa Akhir (g)	Kadar Air Akhir (%)
T1R1	7	14,29
T1R2	7	14,29
T2R1	8	25
T2R2	7	14,29
T3R1	7	14,29
T3R2	7	14,29

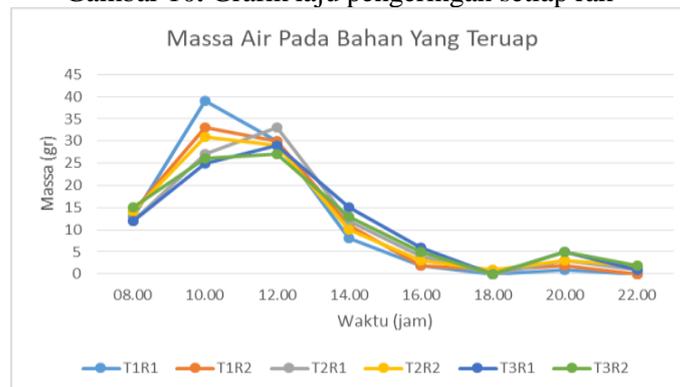
Besar kadar air akhir rata-rata pada pengering yang digunakan dengan bahan bawang prei yaitu sebesar 16,07% dengan rata-rata massa akhir sebesar 7,17 gram. Berdasarkan data diatas, penurunan kadar air dipengaruhi dengan waktu pengeringan. Semakin lama waktu pengeringan, kadar air dalam bahan akan semakin berkurang (Sari, 2017).

Laju Pengeringan

Laju pengeringan pada penelitian ini dihitung setiap rak per dua jam dimulai dari pukul 06.00 WIB sampai dengan 22.00 WIB. Pada penelitian ini laju pengeringan dilakukan berdasarkan penurunan massa bahan yang dikeringkan per detik. Besaran laju pengeringan dan massa air pada bawang prei yang teruap pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 10. Grafik laju pengeringan setiap rak



Gambar 11. Massa air pada bahan yang teruapkan

Pada grafik laju pengeringan dan massa air pada bawang prei yang teruap, laju pengeringan berbanding lurus dengan jumlah massa air pada bawang prei yang teruap. Semakin besar massa air pada bawang prei yang teruap, maka laju pengeringan akan semakin cepat. Semakin kecil massa air pada bawang prei yang teruap, maka laju pengeringan semakin lambat (Sari *et al*, 2014).

Perhitungan Kadar Air Akhir

Massa akhir pada pengeringan dari 100 gram sampel bawang prei setiap raknya, yaitu pada T1R1, T1R2, T2R2, T3R1, dan T3R2 sebesar 7 gram dan pada T2R1 sebesar 8 gram. Kemudian hasil akhir dari pengeringan ini dimasukkan kedalam *oven* untuk mendapatkan massa akhir bawang prei tanpa air atau kadar air bawang prei sebesar nol. Setelah di *oven*, massa sampel bawang prei pada masing-masing rak adalah 6 gram. Jadi massa bawang prei tanpa air dari 100 gram adalah 6 gram dengan massa air pada bawang prei sebesar 94 gram. Pada masing-masing rak terdiri dari 100 gram bahan sampel bawang prei dan 400 gram bahan utama bawang prei yang akan dikeringkan, totalnya adalah 500 gram bawang prei sebelum dikeringkan. Dari hasil

setelah bahan sampel dioven, maka pada masing-masing rak dalam 500 gram bawang prei terdiri dari 30 gram bawang prei tanpa air dan 470 gram air dalam bawang prei. Hasil ini digunakan untuk menghitung energi sensibel (Q_s) untuk mengetahui efisiensi energi pada mesin pengeringan DMP 2.

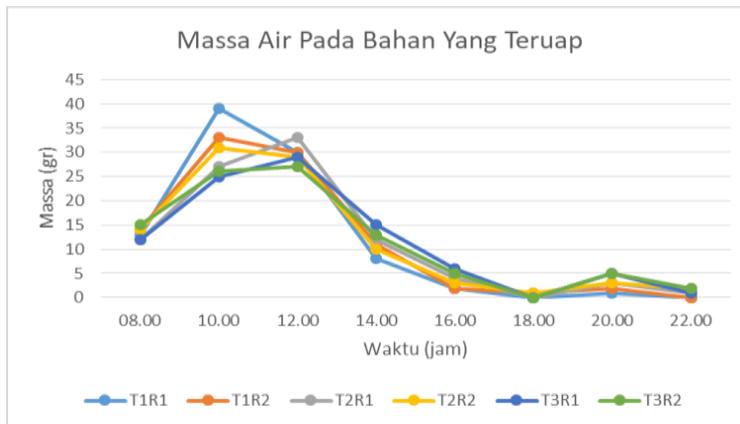
Energi Keluar (Q_{out})

a. Kalor Sensibel

Kalor sensibel pengeringan yang dilakukan pada penelitian ini dengan bahan bawang prei dibagi menjadi dua, yaitu kalor sensibel bawang prei padatan tanpa air dan kalor sensibel air pada bawang prei. Massa yang digunakan pada perhitungan kalor sensibel adalah jumlah massa sampel (100 gram) dan massa utama (400gram), yaitu 500 gram bahan totalnya. Perhitungan kalor sensibel bawang prei padatan menggunakan massa bawang prei tanpa air sebesar 30 gram dalam 500 gram bawang prei segar. Besaran jumlah massa air dalam bawang prei yaitu 470 gram dalam 500 gram bawang prei segar, massa air yang terkandung akan digunakan dalam perhitungan kalor sensibel air dalam bawang prei.

Contoh perhitungan kalor sensibel air pada bawang prei pada tingkat satu rak satu (T1R1) sebagai berikut:

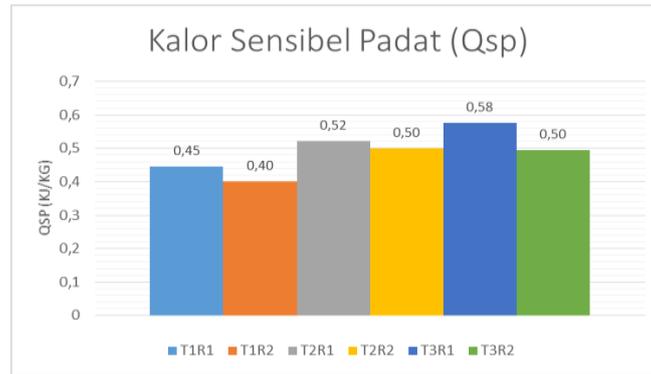
$$\begin{aligned}
 Q_{sa} &= (m_{total} - m_{padat}) \times C_p \times \Delta T \\
 &= (m_{total} - m_{padat}) \times (0,837 + 0,034 MC_{wb}) \times \Delta T \\
 &= (0,5 - 0,03) \text{ kg} \times (0,837 + 0,034 \times 0,94) \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (41,3 - 24,2)^\circ\text{C} \\
 &= 6,98 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 12. Grafik besar kalor sensibel air dalam bawang prei

Contoh perhitungan kalor sensibel padatan bawang prei pada tingkat satu rak satu (T1R1) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_{sp} &= m_{padat} \times C_p \times \Delta T \\
 &= m_{padat} \times (0,837 + 0,034 MC_{wb}) \times \Delta T \\
 &= 0,03 \text{ kg} \times (0,837 + 0,034 \times 0,94) \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (41,3 - 24,2)^\circ\text{C} \\
 &= 0,45 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

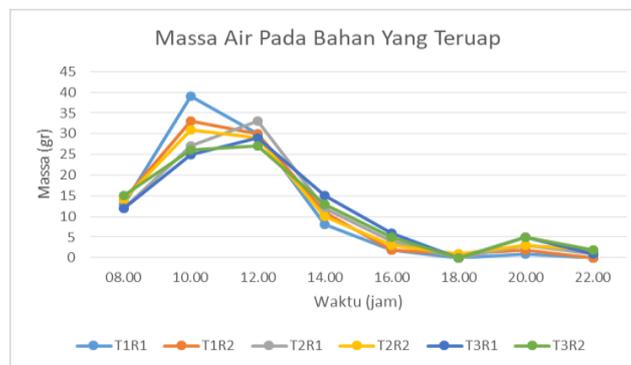


Gambar 13. Grafik besar kalor sensibel padat dalam bawang prei

Total kalor sensibel pada proses pengeringan bawang prei adalah 49,01 kJ/kg. Berdasarkan rumus perhitungan yang digunakan dari referensi Sari (2017), besaran kalor sensibel dipengaruhi oleh besar selisih suhubahan dan massa bahan yang diukur. Semakin besar selisih suhu bahan dan massa bahan, maka kalor sensibel semakin besar. Kalor sensibel terendah disebabkan oleh suhu akhir bahan pada tingkat satu rak dua (T1R2) kecil, sehingga selisih suhu akhir bahan dan suhu awal bahan juga kecil, ketika dimasukkan kedalam rumus perhitungan, hasil akhirnya akan kecil.

b. Energi Laten

Energi laten pada pengeringan bawang prei yang dilakukan pada penelitian ini dihitung per setiap dua jam sekali pada masing-masing rak. Perhitungan dimulai pada pukul 08.00 WIB setelah mendapat data massa bahayang hilang akibat proses pengeringan hingga pukul 22.00 WIB. Besaran energi laten pada proses pengeringan bawang prei yang telah dilakukan dapat dilihat pada gambar berikut:

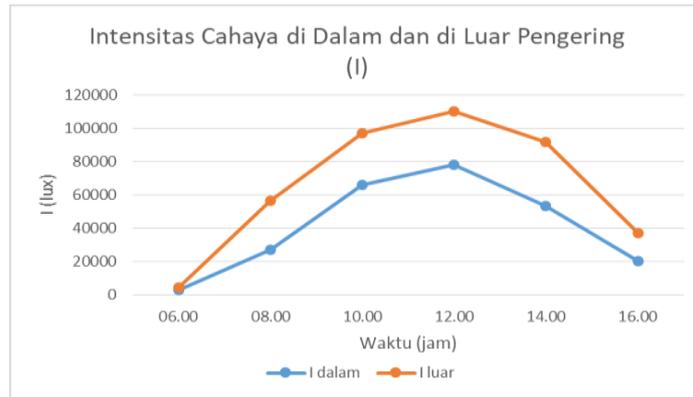


Gambar 14. Grafik besaran kalor laten pada masing-masing rak

Besar energi keluar (Q_{out}) pada pengeringan bawang prei yang dilakukan adalah jumlah total energi sensibeldan total energi laten. Total energi sensibel pada proses pengeringan bawang prei yang dilakukan adalah 49,01 kJ/kg. Total energi laten pada proses pengeringan bawang prei yang dilakukan adalah 6264,72 kJ/kg. Jadi, total energi keluar (Q_{out}) pada proses pengeringan bawang prei adalah 6313,73 kJ/kg.

a. Energi Masuk (Q_{in})

Energi masuk (Q_{in}) pada proses pengeringan bawang prei adalah sumber energi yang digunakan selama proses pengeringan. Energi masuk (Q_{in}) pada pengeringan ini terdiri dari energi matahari dan energi LPG. Perhitungan energi matahari didapat dari pengukuran intensitas cahaya menggunakan *luxmeter* dan kemudian hasilnya dikonversi ke satuan watt/m² dengan dikali 0,0079 watt/m².



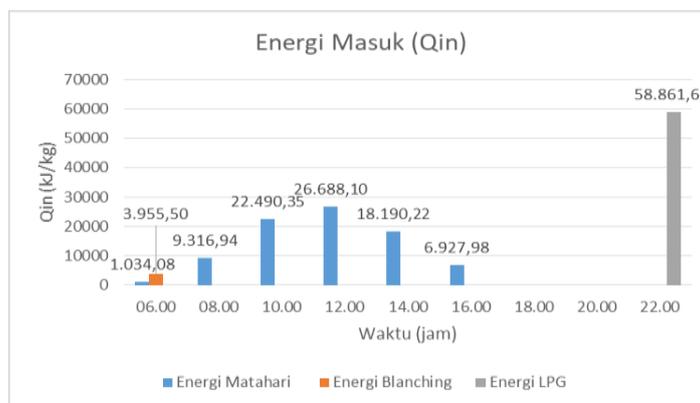
Gambar 15. Grafik besaran intensitas cahaya di dalam dan di luar pengering

Besaran pengukuran intensitas cahaya akan digunakan untuk menghitung energi matahari yang masuk dalam rumah pengering. Intensitas cahaya matahari akan mempengaruhi besarnya energi yang masuk pada pengering. Semakin besar intensitas cahaya matahari, maka akan semakin besar energi yang masuk pada proses pengeringan dan sebaliknya.

Perhitungan energi matahari (Q_{sun}) dan energi LPG (Q_{LPG}) yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_{sun} &= (I \times 0,0079) \times A \times t \\
 &= (3030 \times 0,0079) \text{ watt/m}^2 \times (3 \times 2) \text{ m} \times 7200 \text{ s} \\
 &= 1034078,4 \text{ J/kg} \\
 &= 1034,08 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{LPG} &= Q_{blanching} + Q_{pengeringan} \\
 &= (m_b \times 47089,29) + (m_p \times 47089,29) \\
 &= (0,084 \times 47089,29) + (1,25 \times 47089,29) \\
 &= 62817,11 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$



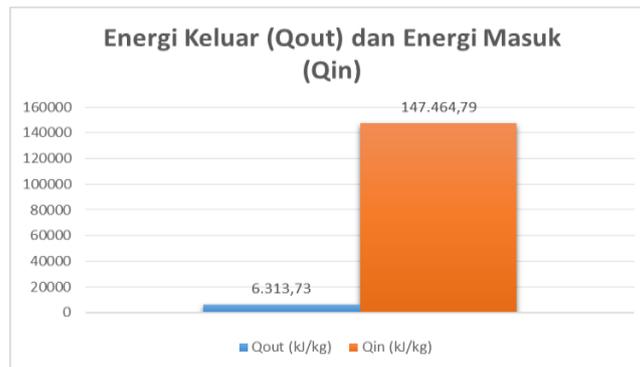
Gambar 16. Grafik besaran energi masuk (Q_{in}) pada proses pengeringan

Jadi, total energi masuk (Q_{in}) pada proses pengeringan bawang prei adalah 147464,79 kJ/kg. Setiap penurunan 1 kg gas LPG menghasilkan energi sebesar 47089,29 kJ/kg (Mallombasang *et al*, 2020). Energi masuk matahari lebih besar dibandingkan dengan energi

masuk LPG, karena waktu penggunaan sumber energi matahari lebih lama dibandingkan dengan waktu penggunaan sumber energi kompor LPG.

Efisiensi Energi / η (%)

Efisiensi energi pada proses pengeringan bawang prei yang dilakukan adalah perbandingan energi keluar (Q_{out}) dengan energi masuk (Q_{in}) dikali seratus persen. Energi keluar pada pengeringan bawang prei terdiri dari energi sensibel dan energi laten dan energi masuk terdiri dari energi matahari dan energi LPG. Besaran energi masuk dan energi keluar dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 17. Grafik besaran energi keluar (Q_{out}) dan energi masuk (Q_{in})

Perhitungan efisiensi energi adalah sebagai berikut :

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$
$$\eta = \frac{6313,73}{147464,79} \times 100\%$$
$$= 4,28\%$$

Besar efisiensi energi pada proses pengeringan bawang prei yang dilakukan adalah 4,28%. Rendahnya efisiensi energi pada proses pengeringan bawang prei dikarenakan massa bahan yang dikeringkan sedikit, sehingga energi yang dikonsumsi (Q_{out}) pada proses pengeringan juga sedikit. Zamharir *et al* (2016) menyatakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi energi adalah jumlah bahan yang dikeringkan. Sari *et al* (2014) juga menyatakan bahwa efisiensi kecil disebabkan oleh energi masuk yang cukup besar, namun energi yang digunakan untuk memanaskan bahan dan menguapkan air lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas bahan masukkan bahan dapat ditambah lebih banyak lagi, sehingga energi panas yang dihasilkan bisa lebih dimanfaatkan dengan baik.

KESIMPULAN

Kadar air awal bawang prei yaitu 94% dan kadar air akhir rata-rata bawang prei yaitu 16,07%. Jumlah energi keluar (Q_{out}) pada pengeringan bawang prei adalah 6313,73 kJ/kg dengan besar kalor sensibel (Q_s) sebesar 49,01 kJ/kg dan kalor laten (Q_l) sebesar 6264,72 kJ/kg. Jumlah energi masuk (Q_{in}) pada pengeringan bawang prei sebesar 147464,79 kJ/kg dengan besar energi matahari (Q_{sun}) sebesar 84647,68 kJ/kg dan besar energi LPG (Q_{LPG}) sebesar 62817,11 kJ/kg. Efisiensi energi (η) mesin pengering DMP 2 dengan bahan yang dikeringkan menggunakan bawang prei dengan massa total 3 kg adalah 4,28%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih diucapkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Brawijaya yang telah menunjang kegiatan penelitian melalui program Hibah Doktor Non Lektor Kepala sehingga tujuan yang telah dirancang dapat terlaksana dan memberikan hasil yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Chan Y dan Darius A. (2018). Analisis Pengeringan Sohun Dengan Mesin Pengering *Hybrid* Tipe Konveyor Otomatis. Jurnal Teknik Mesin UNTIRTA.
- Mallombasang *et al.* 2020. *Utilization of Gasoline Fuel as an Alternative Fuel for LPG*. EPI International Journal of Engineering 3(2).
- Mariyam *et al.* (2021). Karakteristik Fisik Proses Pengeringan Biji Sorgum (*Sorghum Bicolor L. Moench*) dengan Menggunakan Pengering Hybrid Tipe Rak. Gorontalo: Agriculture Technology Journal 4(2).
- Mulyani D dan Hartono D. (2018). Pengaruh Efisiensi Energi Listrik pada Sektor Industri dan Komersial Terhadap Permintaan Listrik di Indonesia. Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan 11(1).
- Saidi IA dan Wulandari FE. (2019). Pengeringan Sayuran dan Buah-Buahan. Sidoarjo: Umsida Press.
- Sari *et al.* (2014). Uji Kinerja Alat Pengering *Hybrid* Tipe Rak Pada Pengeringan *Chip* Pisang Kepok. Jurnal Teknik Pertanian Lampung 3(1).
- Sari LJ. (2017). Uji Performansi Alat Pengering Gabah Tipe DMP-1 dengan Penambahan Batu Alor Hitam Pada Ruang Kolektor dan Ruang Pengering Sebagai Penyimpan Panas. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem 5(3).
- Suhendar *et al.* (2017). Uji Kinerja Alat Pengering Tipe Rak Pada Pengeringan *Chip* Sukun Menggunakan Energi Listrik. Jurnal Teknik Pertanian Lampung 6(2).
- Supu *et al.* (2016). Pengaruh Suhu Terhadap Perpindahan Panas Pada Material yang Berbeda. Jurnal Dinamika 7(1).
- Surmi *et al.* (2016). Analisis Kelembaban Udara dan Temperatur Permukaan Dangkal Dengan Menggunakan *Hygrometer* dan *Thermocouple* di Daerah Pincara, Kecamatan Masamba, Kabupaten Luwu Utara. Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika 12(2).
- Susilo B dan Okaryanti RW. (2012). Studi Sebaran Suhu dan *RH* Mesin Pengering *Hybrid Chip Mocaf*. Jurnal Teknologi Pertanian 13(2).
- Zumharir *et al.* (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 4(2).