

PENGUJIAN PENGERING TENAGA SURYA TIPE PEMANASAN LANGSUNG UNTUK PENGERINGAN PISANG PADA KONDISI BERBEDA

Azridjal Aziz, Ahmad Surya, Rahmat Iman Mainil

Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau,
Kampus Bina Widaya Km 12.5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia

E-mail : azridjal.aziz@lecturer.unri.ac.id

ABSTRAK

Alat pengering tenaga surya tipe pemanasan langsung telah diuji untuk pengeringan pisang pada kondisi berbeda. Alat pengering yang diuji merupakan alat pengering hibrida yang bias digunakan dengan sumber energy lain, selain menggunakan energy surya sebagai sumber energi utama pada siang hari, sedangkan gas LPG digunakan pada pengeringan di malam hari. Hasil penelitian menunjukkan temperatur tertinggi, penurunan kadar air tertinggi pada pengujian dengan LPG diperoleh pada rak 6, sedangkan terendah diperoleh pada rak 1, karena sumber kalor berada di bawah rak 6, hal sebaliknya terjadi pada pengeringan menggunakan energy surya, karena sumber kalor berasal dari bagian atas atau pada rak 1. Pada pengujian dengan LPG, temperatur tertinggi yang dapat dicapai yaitu 84,7 °C yaitu pada rak 6, sedangkan temperatur terendah 52,3 °C pada rak 1, sebaliknya temperatur pisang dengan menggunakan tenaga surya temperatur tertinggi pada rak 1 pada jam 11.00 WIB sebesar 62,9 °C dan paling rendah pada rak 1 pada jam 17.00 WIB sebesar 37,1 °C. Kebutuhan energi total pengeringan pada pengujian menggunakan gas LPG sebesar 4681,92 kJ sedangkan kebutuhan energi total pengeringan pada pengujian menggunakan tenaga surya sebesar 3176,24 kJ. Pengeringan menggunakan energi surya lebih ekonomis dibanding menggunakan gas LPG, namun waktu pengeringan lebih lama dibanding LPG. Pengeringan menggunakan alat pengering kualitasnya lebih baik dan higienis dibanding penjemuran langsung.

Kata kunci : alat pengering, energi surya, LPG, pengering pemanasan langsung

ABSTRACK

The direct solar dryer has been tested for drying bananas under different conditions. The dryer being tested is a hybrid dryer that can be used with other energy sources, in addition to using solar energy as the main energy source during the day, while LPG gas is used for drying at night. The results showed that the highest temperature, the highest decrease in water content in the test with LPG was obtained on shelf 6, while the lowest was obtained on shelf 1, because the heat source was at the bottom of the dryer on shelf 6, the opposite happened to dry using solar energy because the heat source came from the top of the shelf 1. In testing with LPG, the highest temperature that can be achieved is 84.7 °C, on shelf 6, while the lowest temperature is 52.3 °C on shelf 1, on the other hand, the temperature of bananas using solar power is the highest temperature on the shelf 1 at 11.00 WIB at 62.9 °C and the lowest on shelf 1 at 17.00 WIB at 37.1 °C. The total energy requirement for drying in the test using LPG was 4681.92 kJ, while the total energy requirement for drying in the test using solar power was 3176.24 kJ. Drying using solar energy is more economical than using LPG gas, but the drying time is longer than LPG. Drying using a dryer technology have better quality and hygienic than open sun drying.

Keywords : dryer, solar energy, LPG, direct solar dryer

PENDAHULUAN

Cara terbaik untuk pengawetan pangan seperti produk perikanan, peternakan dan produk pertanian adalah dengan mengeringkannya.

Produk yang dikeringkan dapat disimpan untuk jangka waktu yang lama dengan resiko kerusakan yang rendah, karena mikro organisme penyebab pembusukan/merusak produk akan terhenti/terhambat pertumbuhan dan perkembang

biakannya dimana kandungan air dan enzim pemicu pembusukan sudah tidak cukup lagi. Proses pengeringan pada intinya adalah proses pengawetan makanan yang akan memperpanjang waktu/umur penyimpanan dan kualitas yang tetap terjaga dengan baik. Proses pengeringan produk pangan merupakan cara yang cukup ekonomis dan sudah lama digunakan, dari panen sampai digunakan oleh konsumen tanpa kehilangan khasiat nutrisinya (Sunitha Venkateshamamba et al. 2017; Khanlari et al. 2020). Metode pengeringan ini diantaranya adalah metode pengeringan dengan aliran konveksi, metode pengeringan dengan penyemprotan, metode bed drying, metode pengeringan langsung di bawah sinar matahari, metode pengeringan beku, metode dehidrasi bahan makana (commercial food dehydration), metode pengeringan vakum gelombang micro, metode pengeringan dengan oven rumah tangga, metode pengeringan dengan rak, metode pengeringan udara panas, dan lain-lain (Stegou-Sagia and Fragkou 2018; Rodriguez et al. 2019; Sandali et al. 2019; Chavan et al. 2020; Etim et al. 2020).

Tersedianya energi yang handal dan berkelanjutan adalah masalah penting bagi negara agar dapat dikategorikan sebagai negara yang sedang bergerak menjadi negara maju. Tersediannya akses energi yang murah dan bersih sangat penting untuk menunjang perkembangan secara ekonomi dan sosial. Beberapa dekade terakhir penggunaan sumber energi baru dan terbarukan (EBT) yang berkelanjutan seperti energi surya/matahari (ES) banyak digunakan dalam berbagai aplikasi. Suatu sistem termal surya seperti pemanas air surya (solar water heater), penggunaan rumah kaca (solar green house), penggunaan pemanas udara surya (solar air heater) umumnya digunakan karena strukturnya yang sederhana dan efisiensi termal yang cukup tinggi (Essalhi et al. 2018; Fadhel et al. 2018; El Hage et al. 2018; Islam et al. 2018; Sharma et al. 2018; Khaing Hnin et al. 2019).

Banyak peneliti telah melakukan studi pada berbagai jenis kolektor energi surya (KES). Penelitian yang dilakukan biasanya terfokus pada usaha peningkatan perpindahan panas di pelat absorber (Kiggundu et al. 2016; Castillo Téllez et al. 2018; R. et al. 2018; Chauhan and Rathod 2020). Menambahkan beberapa peningkatan pada pelat absorber seperti penambahan sirip (Yadav and Chandramohan 2020), pengering hibrida (Gudiño-Ayala and Calderón-Topete 2014), penyekat udara (Khanlari et al. 2020), penambahan modul termoelektrik (Thongsan et al. 2017) dan penambahan penyimpanan panas (Kabeel

et al. 2016; Baniasadi et al. 2017; Rabha and Muthukumar 2017; Babar et al. 2020) merupakan usaha yang paling banyak dilakukan untuk meningkatkan performansi KES.

Beberapa penelitalain, telah melakukan kajian pengeringan pisang menggunakan ES. Etim et al. 2020, telah melakukan desain dan pengembangan pengering surya aktif tidak langsung untuk pisang, total 52 pengering digunakan dalam eksperimen. Hasil yang diperoleh menunjukkan kadar air produk berkurang dari 4,53 menjadi 1,57 kg dalam 9 sampai 16 jam pengeringan, sedangkan kelembaban berkurang dari 68,97 menjadi 12,00% (basis basah). Pengering mampu menghemat hampir 40% dari total waktu pengeringan produk jika dibandingkan dengan pengeringan dengan sinar matahari terbuka. Arun et al. 2019 telah melakukan pengujian alat pengering surya aktif untuk pisang dalam mesin pengering cabinet tipe multi rak dengan penyimpanan energy cadangan. Sunitha Venkateshamamba et al. 2017, melakukan penelitian untuk menguji pengaruh kualitas tepung pisang hijau dengan menggunakan teknik pengeringan yang berbeda. Teknik pengeringan yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah pengeringan ungun terfluidisasi, pengeringan teknologi surya, pengeringan dengan sinar matahari langsung, pengeringan dengan oven, dan pengeringan osmotik pada konsentrasi yang berbeda (30%, 40% dan 50%). Lingayat et al. 2017 telah melakukan desain, pengembangan dan menguji performa alat engering tenaga surya jenis tidak langsung untuk pengeringan pisang. Efisiensi termal rata-rata kolektor adalah 31,50% dan ruang pengering 22,38%. Temperatur udara pengeringan adalah factor terpenting dan efektif selama proses pengeringan. Kelembaban udara serta kecepatan udara juga merupakan factor penting untuk meningkatkan laju pengeringan.

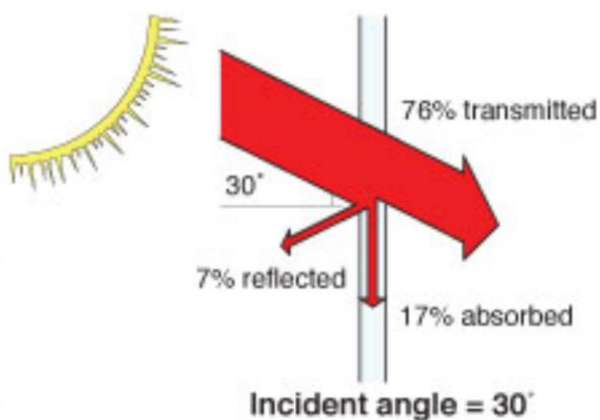
Pada penelitian ini dilakukan kaji eksperimental pengering tenaga surya tipe pemanasan langsung untuk pengeringan pisang pada kondisi berbeda. Alat pengering surya yang digunakan adalah jenis pengering hibrida sehingga bisa digunakan seperti oven dengan sumber energi antara lain berasal dari gas elpiji, briket batubara maupun kayu bakar. Pengeringan pisang kondisi berbeda merupakan pengeringan dengan tenaga surya pada siang hari dan pengeringan dengan gas epiji pada malam hari. Penelitian ini melakukan pengamatan terhadap temperatur pengeringan, kadar air pisang yang dikeringkan serta energi yang dibutuhkan untuk pengeringan

BAHAN DAN METODE

Metode pengujian

Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan alat pengering tenaga surya hibrida jenis pemanasan langsung (*direct solar drying cabinet*). Pengujian dilakukan pada dua kondisi dengan sumber panas berbeda, yaitu pengeringan dengan energy surya pada siang hari dan pengeringan dengan gas elpiji pada malam hari. Data pengujian diambil setiap 1 jam selama 8 jam berupa data temperatur, intensitas matahari dan menimbang pengurangan kadar air untuk setiap rak pengering.

Penutup transparan yang digunakan pada alat pengering tenaga suryanya adalah kaca bening tebal 5 mm dengan transmisivitas sekitar 76% seperti tampak pada Gambar 1 (<https://www.commercialwindows.org/transmittance.php>). Skematik alat uji dapat dilihat pada gambar 2, dimana dimensinya 0,6m x 0,6 m x 0,8 m dengan sudut kemiringan kolektor 20°. Jenis absorber yang digunakan yaitu *v-corrugated* pelat aluminium tebal 0.4 mm yang dicat hitam buram (*flat black 109A*) dengan absorsivitas mendekati 1 ($\alpha \approx 1$).

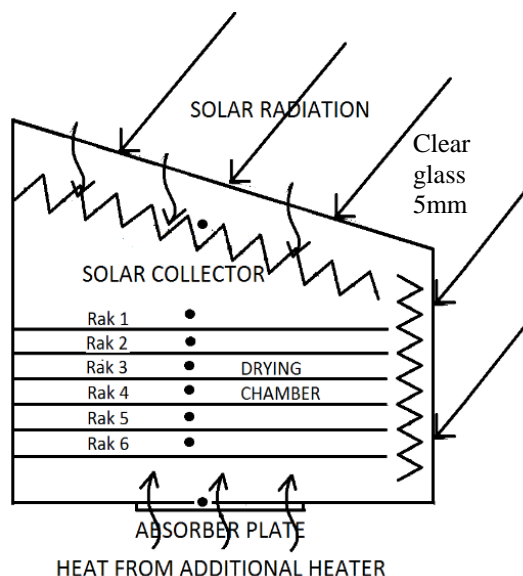


Gambar1. Skematik transmisi cahaya matahari melewati kaca bening

(<https://www.commercialwindows.org/transmittance.php>)

Bahan pisang yang digunakan dalam penelitian ini adalah pisang susu dengan nama latin *musa sapientum fixa lactes* sebanyak 3 kg. Bahan pisang dibelah dua memanjang yang ditaruk pada enam buah rak, dengan massa 0,5 kg per rak (Gambar 3), massa pisang ditimbang setiap 1 jam pengeringan. Proses pengeringan menggunakan energi bersumber lpg pada malam hari dan pengeringan

menggunakan energi surya dapat dilihat di Gambar 4. Alat pengering yang digunakan adalah alat pengering yang sama seperti tampak pada Gambar 2.



Gambar2. Skematik alat pengering tenaga surya pemanasan langsung tipe cabinet (Surya et. al, 2016)



Gambar 3. Penimbangan bahan uji

Untuk menghitung energi pengeringan, pada proses pengeringan dengan LPG, massa gas LPG ditimbang ditimbangan setiap jam pengeringan. Sedangkan pengujian dengan matahari, pengambilan radiasi matahari diukur dengan solar power meter Tenmars TM-206.

Data Reduksi

Energi untuk mengeringkan bahan merupakan energi yang diperoleh dari hasil pembakaran gas LPG selama proses pengeringan (Taib et. al, 1988).

$$Q_{in} = (m_g \text{ awal} - m_g \text{ akhir}) \times N_k \quad (1)$$

Dimana: Q_{in} (Energi hasil pembakaran dalam gas kJ), $m_g \text{ awal}$ (massa gas awal dalam kg), $m_g \text{ akhir}$ (massa gas akhir dalam kg), dan N_k (Nilai kalor gas dalam kJ).



(a) Pengeringan dengan LPG



(b) Pengeringan dengan matahari

Gambar 4. Pengeringan pisang dengan LPG dan pengeringan dengan matahari

Kemampuan sistem kolektor untuk menerima radiasi surya menjadi panas dipengaruhi oleh angka transmisivitas (τ) dari kaca penutup dan angka absorpsivitas (α) dan refleksivitas (ρ) dari pelat absorber. Besarnya energi yang diserap kolektor dapat ditulis dengan persamaan:

$$Q_{in} = I.A.k.t \quad (2)$$

Dimana: Q_{in} (Energi yang diserap oleh kolektor (kJ)), I (intensitas radiasi matahari (W/m^2)) dan A_k (Luas kolektor (m^2)) dan t (waktu)

$$t = \text{Waktu (s)} \quad (3)$$

Energi yang digunakan untuk mengeringkan bahan di dalam ruang pengering adalah (Taib et. al, 1988):

$$Q_{out} = Q_1 + Q_2 \quad (4)$$

Dimana: Q_1 (Energi yang digunakan untuk menaikkan temperatur bahan (kJ)) dan Q_2 (Energi yang digunakan untuk menguapkan air bahan (kJ))

$$Q_1 = m_p \times C_p \times (T_r - T_L) \quad (5)$$

Dimana : m_p (Massa awal pisang (kg)), C_p (Panas jenis pisang ($kJ/kg.K$)), T_R (Temperatur pisang ($^{\circ}C$)), T_L (Temperatur awal pisang ($^{\circ}C$)).

Menurut Taib et. al, 1988, untuk mencari jumlah kalor yang digunakan untuk pengeringan kandungan air dari bahan dan entalpi penguapan pada temperatur rata-rata ($^{\circ}C$) dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_2 = m_u \times h_{fg} \quad (6)$$

$$h_{fg} = (2,501 - (2,361 \times 10^{-3}) \times T) \times 1000 \quad (7)$$

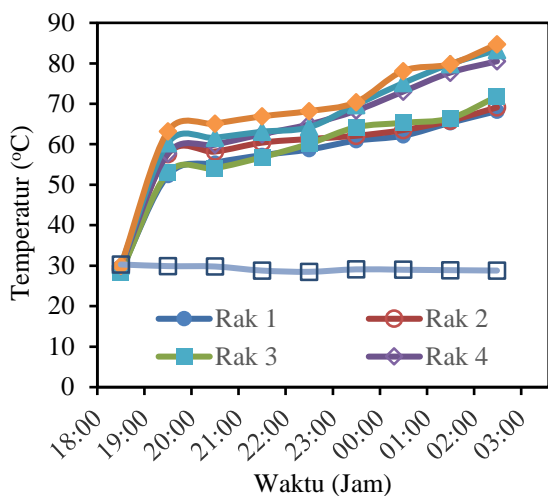
Dimana: m_u (Massa air yang diuapkan (kg)), h_{fg} (panas laten penguapan air produk (kJ/kg)), dan T (temperatur ruang pengering ($^{\circ}C$)).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Temperatur

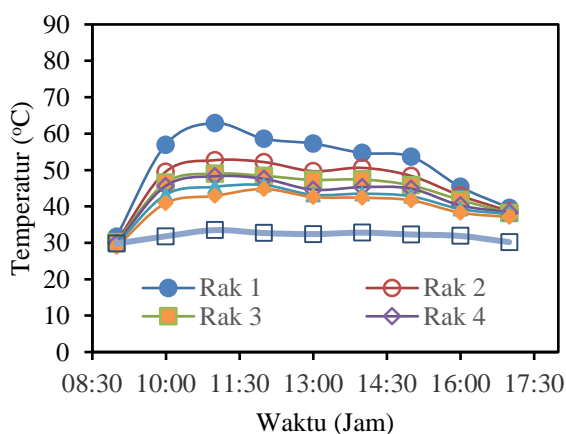
Gambar 5. menunjukkan distribusi temperatur pisang pada rak 1 sampai rak 6. Udara pengering dalam pengujian ini berasal dari lingkungan yang mengalir secara natural/pasif melalui saluran udara masuk pada alat pengering (konveksi alami). Temperatur pada pisang terus naik dan temperatur tertinggi ditunjukkan pada rak 6 dan paling rendah pada rak 1, disebabkan oleh perbedaan penyaluran panas pada tiap bagian. Temperatur tertinggi yang dapat dicapai yaitu $84,7^{\circ}C$ yaitu pada rak 6, sedangkan temperatur terendah $52,3^{\circ}C$ pada rak 1. Temperatur pisang selama pengujian dengan menggunakan gas LPG menghasilkan temperatur rata-rata yang lebih tinggi disebabkan karena adanya pengaruh sistem sirkulasi udara yang digunakan, yaitu secara pasif. Karena, udara yang mengalir didalam alat pengering terjadi secara pasif, maka panas yang masuk akan memanaskan udara didalam

alat pengering sehingga temperatur pisang naik dari temperatur awalnya.



Gambar 5. Perubahan temperatur selama pengujian menggunakan gas LPG

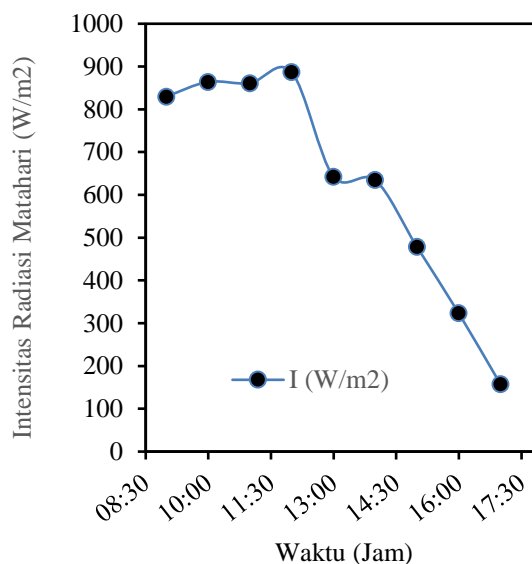
Temperatur pisang pada ruang pengering selama pengujian terus meningkat. Hal ini terjadi karena panas yang dihasilkan oleh gas LPG konstan. Temperatur tertinggi terjadi pada rak 6 dan paling rendah pada rak 1. Hal ini disebabkan karena posisi rak dari sumber panas yang tidak sama, perbedaan penyaluran panas tiap-tiap bagian rak serta adanya pembukaan pintu pengering untuk keperluan penimbangan massa bahan. Selain itu, kondisi cuaca yang sedang hujan saat pengambilan data juga mempengaruhi temperatur lingkungan dan kelembaban sehingga kenaikan temperatur tiap waktu tidak terlalu tinggi.



Gambar 6. Grafik perubahan temperatur selama pengujian menggunakan tenaga surya (Surya et. al 2016)

Gambar 6 menunjukkan distribusi temperatur pisang pada ruang pengering. Temperatur pisang pada ruang pengering berfluktuasi tiap jamnya.

Temperatur tertinggi ditunjukkan pada rak 1 pada jam 11.00 WIB sebesar 62,9 °C dan paling rendah pada rak 1 pada jam 17.00 WIB sebesar 37,1 °C. Temperatur yang dihasilkan tidak terlalu tinggi namun cukup untuk mengeringkan bahan. Faktor yang menjadi penyebab rendahnya temperatur pisang menggunakan tenaga surya yaitu karena intensitas radiasi matahari yang berfluktuasi. Intensitas radiasi matahari yang diukur dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Intensitas Radiasi Matahari terhadap waktu (Surya et. al, 2016)

Dari Gambar 7 (Surya et. al, 2016) dapat dilihat bahwa intensitas radiasi matahari berfluktuasi. Intensitas radiasi matahari tertinggi, terukur pada jam 12.00 WIB sebesar 887 W/m² sedangkan intensitas radiasi matahari terendah, terukur pada jam 17.00 WIB sebesar 158 W/m². Hasil pengukuran temperatur pisang menggunakan tenaga surya yang berfluktuasi disebabkan oleh intensitas radiasi matahari yang naik turun dikarenakan cuaca pada saat pengujian berubah-ubah dan cenderung berawan.

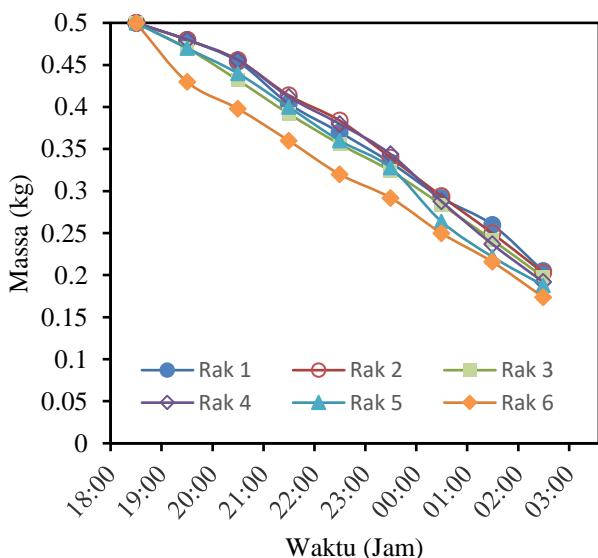
Temperatur udara pengering memegang peranan penting dalam menentukan cepat lambat tercapainya kadar air yang diinginkan. Menurut Hall (1975) semakin tinggi temperatur pengering makin besar energi yang dibawa udara, sehingga bertambah banyaknya massa uap air yang diuapkan dari dalam bahan yang dikeringkan. Namun, jika temperatur terlalu tinggi maka bahan yang dikeringkan hanya kering dibagian luar saja. Menurut Hall, temperatur pengeringan yang baik berkisar antara 45 °C - 90 °C. Karena perpindahan panas terjadi secara konveksi alami, maka temperatur pada ruang pengering

menjadi rata dan tidak jauh berbeda antara rak 1 dengan rak lainnya.

Menurut Titis Bayu (2013) yang melakukan penelitian tentang alat pengering pisang sale, temperatur pengeringan optimum untuk pengeringan pisang sale adalah 56 °C - 70 °C. Jika temperatur kurang dari 56 °C atau melebihi 70 °C, maka tidak akan mendapatkan hasil yang maksimal. Hal ini berdasarkan teori pengeringan yang didapat dari pengusaha pisang sale dan berdasarkan penelitian yang telah dilakukannya. Jika dilihat dari hasil pengujian, pengeringan menggunakan bahan bakar gas LPG mencapai temperatur optimum pengeringan yaitu 56,54°C - 67,77°C. Sedangkan untuk pengeringan menggunakan tenaga surya, masih belum mencapai temperatur optimum, yaitu 39,96 °C - 51,20 °C. Oleh karena itu, hasil pisang sale yang dikeringkan menggunakan bahan bakar gas LPG lebih bagus daripada menggunakan tenaga surya

Kadar air

Jumlah pisang yang dikeringkan pada penelitian ini adalah 3 kg, dimana jumlah tersebut dibagi merata pada 6 buah rak sebanyak 0,5 kg dengan waktu pengeringan selama 8 jam. Terdapat penurunan kadar air ada setiap rak untuk masing-masing pengujian pengeringan. Untuk pengujian menggunakan gas LPG, pengurangan massa pisang pada tiap jam dari rak 1 sampai rak 6 dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.

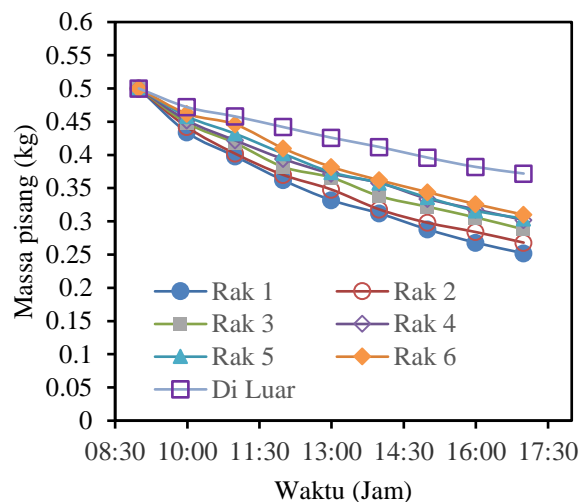


Gambar 8. Massa pisang vs Waktu pengujian menggunakan gas LPG

Pada pengeringan dengan menggunakan gas LPG (Gambar 8) tampak bahwa pengurangan kadar air yang tertinggi pada rak 6 dan sebaliknya yang terendah pada rak 1. Pada rak 1, kadar air pisang

masih tinggi karena letak rak pengering yang agak jauh dari sumber energi panas dibandingkan dengan rak 6. Selain itu, distribusi temperatur secara pasif juga mempengaruhi laju penguapan air dari bahan ke udara dan dari udara ke luar alat pengering.

Untuk pengeringan menggunakan tenaga surya penurunan kadar air tertinggi terjadi pada rak 1 dan terendah pada rak 6. Pengurangan kadar air dapat dilihat pada pada gambar 9.



Gambar 9. Massa pisang vs Waktu pengujian menggunakan tenaga surya

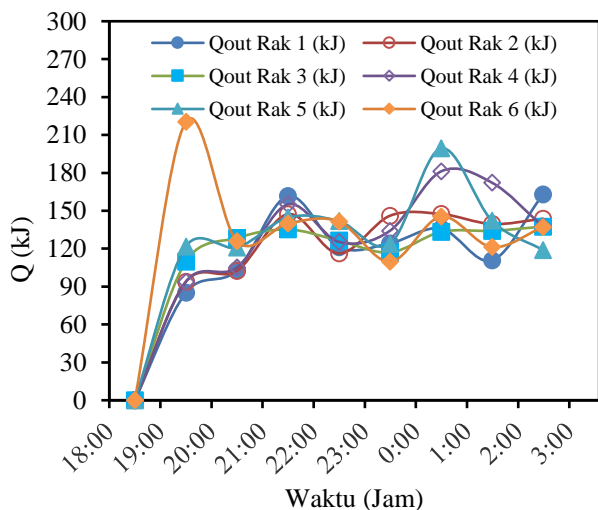
Grafik perbandingan waktu pengujian menggunakan tenaga surya terhadap massa pisang tiap-tiap rak ditunjukkan pada Gambar 9, dimana penurunan kadar air tertinggi terjadi pada rak 1 dan yang terendah pada rak 6, untuk pengeringan dengan tenaga surya. rak 6 berada pada bagian bawah alat pengering sehingga kadar air pisangnya masih tinggi. karena letak rak pengering yang agak jauh dari sumber energi panas dibandingkan dengan rak 1. Pengeringan pisang menggunakan alat pengering lebih cepat kering jika dikomparasi dengan pisang yang dikeringkan di luar (*open sun drying*). Ini terjadi karena alat pengering dilengkapi dengan kolektor pengumpul panas yang berfungsi menangkap energi panas matahari dan menyalurkannya ke ruang pengering yang tertutup. Sedangkan untuk pisang yang dikeringkan diluar alat, pengeringan berlangsung lambat terjadi karena pengaruh daerah yang terbuka sehingga kehilangan panas lebih besar dibandingkan dengan pisang yang dikeringkan didalam alat pengering.

Untuk penurunan kadar air total tertinggi dihasilkan oleh pengeringan menggunakan gas LPG dengan kadar air berkurang sebesar 61,16 % sedangkan penurunan kadar air terendah dihasilkan oleh

pengeringan menggunakan tenaga surya sebesar 42,53 %. Hal ini terjadi karena panas yang dihasilkan oleh gas LPG konstan dan semakin lama semakin naik dari waktu ke waktu. Sedangkan panas yang dihasilkan oleh tenaga surya berfluktuasi tergantung kondisi cuaca, karena cuaca pada saat pengujian cenderung berawan. Oleh karena itu terjadi penurunan kadar air yang lebih tinggi menggunakan gas LPG dibandingkan dengan menggunakan tenaga surya. Namun, jika dibandingkan antara pengeringan menggunakan alat dengan pengeringan alami, maka lebih bagus pengeringan menggunakan alat. Selain pengeringan berlangsung lebih cepat, pisang sale yang dikeringkan juga bebas dari mikroba karena berada didalam ruang tertutup.

Kebutuhan Energi Pengeringan

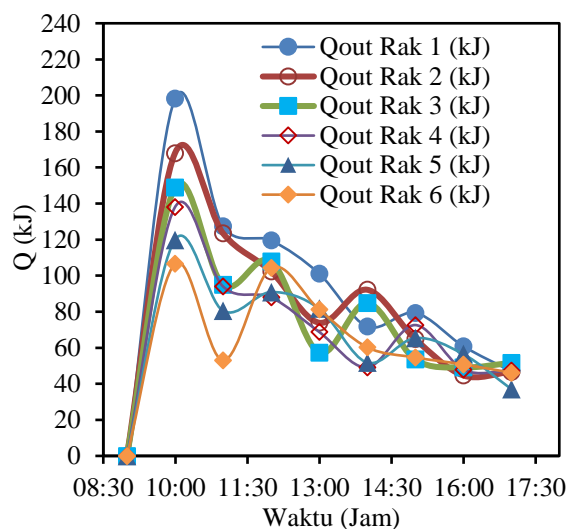
Konsumsi energi selama proses pengeringan adalah jumlah energi yang digunakan selama proses pengeringan, karena alat yang diuji menggunakan energi panas dari gas LPG dan energi surya. Energi panas dalam pengeringan dibutuhkan untuk mengubah air bahan yang dikeringkan menjadi uap. Untuk pengujian menggunakan gas LPG, dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Kebutuhan energi pengeringan vs Waktu pengujian menggunakan gas LPG

Pada Gambar 10 energi output terbesar terjadi pada rak 6 sebesar 220,40 kJ dengan energi input sebesar 6662,93 kJ. Perbedaan energi output dan energi input yang sangat jauh terjadi karena nilai kalor gas yang sangat besar. Energi input dari gas LPG yang sangat besar tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk pengeringan, banyak terjadi kehilangan kalor ke lingkungan.

Untuk pengujian menggunakan tenaga surya, energi output pada tiap jam dari rak 1 sampai rak 6 dapat dilihat pada Gambar 11 berikut. Pada Gambar 11 energi output terbesar terjadi pada rak 1 sebesar 198,24 kJ dengan energi input sebesar 1555,20 kJ. Pada pengujian tenaga surya, energi yang masuk dapat dimanfaatkan lebih baik daripada menggunakan gas LPG. Hal ini dikarenakan intensitas radiasi matahari tidak terlalu tinggi, sehingga panas yang masuk dapat dimanfaatkan lebih baik. Untuk pengujian dengan menggunakan sumber energi panas gas LPG, total input energi yang dihasilkan sebesar 50512,26 kJ. Sedangkan untuk pengujian menggunakan tenaga surya dihasilkan input energi sebesar 9761,62 kJ.



Gambar 11. Grafik Kebutuhan energi pengeringan vs Waktu pengujian menggunakan tenaga surya

Konsumsi energi pengeringan merupakan jumlah energi yang terpakai selama proses pengeringan. Dari konsumsi tersebut maka diperoleh kebutuhan energi untuk proses pengeringan yang pada masing-masing pengujian, dimana pengeringan menggunakan gas LPG sebesar 4681,92 kJ dan pengeringan menggunakan tenaga surya sebesar 3176,24 kJ. Energi yang dihasilkan oleh gas LPG sangat besar, hal ini dikarenakan nilai kalor gas LPG yang sangat besar. Sedangkan untuk energi yang dihasilkan oleh tenaga surya jauh lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan gas LPG. Hal ini terjadi karena intensitas radiasi matahari tidak terlalu tinggi dan juga karena luas kolektor yang kecil.

KESIMPULAN

Kaji eksperimental pengering tenaga surya tipe pemanasan langsung untuk pengeringan pisang pada kondisi berbeda telah dilakukan. Pada pengujian dengan LPG, temperatur tertinggi yang dapat dicapai yaitu 84,7 °C yaitu pada rak 6, sedangkan temperatur terendah 52,3 °C pada rak 1, sebaliknya temperatur pisang dengan menggunakan tenaga surya temperatur tertinggi pada rak 1 pada jam 11.00 WIB sebesar 62,9 °C dan paling rendah pada rak 1 pada jam 17.00 WIB sebesar 37,1 °C. Penurunan kadar air dipengaruhi oleh temperatur dan posisi rak dalam ruang pengering. Semakin dekat letak rak dengan sumber panas, maka laju penguapan uap air semakin cepat. Nilai penurunan kadar air tertinggi pada pengujian menggunakan gas LPG terjadi pada rak 6 sedangkan yang terendah terjadi pada rak 1, sebaliknya pada pengujian menggunakan tenaga surya nilai penurunan kadar air tertinggi terjadi pada rak 1 dengan penurunan sedangkan yang terendah terjadi pada rak 6. Kebutuhan energi total pengeringan pada pengujian menggunakan gas LPG lebih besar dibanding menggunakan energi surya yaitu sebesar 4681,92 kJ (LPG) dibanding 3176,24 kJ (energi surya). Pengeringan menggunakan gas LPG lebih cepat dibanding menggunakan energi surya, namun biayanya lebih tinggi dibanding energi surya. Pengeringan menggunakan alat pengering kualitasnya lebih baik dan higienis dibanding penjemuran langsung.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Riau sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Arun, K.R. et al. 2019. Active drying of unripened bananas (*Musa Nendra*) in a multi-tray mixed-mode solar cabinet dryer with backup energy storage. *Solar Energy* 188(April), pp. 1002–1012. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.07.001>.

Babar, O.A. et al. 2020. Design and performance evaluation of a passive flat plate collector solar dryer for agricultural products. *Journal of Food Process Engineering* (May). doi: 10.1111/jfpe.13484.

Baniasadi, E. et al. 2017. Experimental investigation of the performance of a mixed-mode solar dryer with thermal energy storage. *Renewable Energy* 112, pp. 143–150. doi: 10.1016/j.renene.2017.05.043.

Castillo Téllez, M. et al. 2018. Solar drying of *Stevia* (*Rebaudiana Bertoni*) leaves using direct and indirect technologies. *Solar Energy*

159(November 2017), pp. 898–907. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.11.031>.

Chauhan, Y.B. and Rathod, P.P. 2020. A comprehensive review of the solar dryer. *International Journal of Ambient Energy* 41(3), pp. 348–367. Available at: <https://doi.org/10.1080/01430750.2018.1456960>.

Chavan, A. et al. 2020. Natural convection and direct type (NCDDT) solar dryers: a review. *Drying Technology* 0(0), pp. 1–22. Available at: <https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1753065>.

Essalhi, H. et al. 2018. Experimental and theoretical analysis of drying grapes under an indirect solar dryer and in open sun. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 49, pp. 58–64. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.08.002>.

Etim, P.J. et al. 2020. Design and development of an active indirect solar dryer for cooking banana. *Scientific African* 8. doi: 10.1016/j.sciaf.2020.e00463.

Fadhel, A. et al. 2018. Experimental investigation of the solar drying of Tunisian phosphate under different conditions. *Renewable Energy* 116, pp. 762–774. doi: 10.1016/j.renene.2017.10.025.

Gudiño-Ayala, D. and Calderón-Topete, Á. 2014. Pineapple drying using a new solar hybrid dryer. *Energy Procedia* 57, pp. 1642–1650. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.155>.

El Hage, H. et al. 2018. An investigation on solar drying: A review with economic and environmental assessment. *Energy* 157, pp. 815–829. doi: 10.1016/j.energy.2018.05.197.

<https://www.commercialwindows.org/transmittance.php>

Islam, M.K. et al. 2018. Fabrication and Performance Study of a Direct Type Solar Dryer. (February)

Kabeel, A.E. et al. 2016. Experimental investigation of thermal performance of flat and v-corrugated plate solar air heaters with and without PCM as thermal energy storage. *Energy Conversion and Management* 113, pp. 264–272. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2016.01.068>.

Khaing Hnin, K. et al. 2019. Emerging food drying technologies with energy-saving characteristics: A review. *Drying Technology* 37(12), pp. 1465–1480. Available at: <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1510417>.

Khanlari, A. et al. 2020. Experimental and numerical study of the effect of integrating plus-shaped perforated baffles to solar air collector in drying application. *Renewable Energy* 145, pp. 1677–1692. doi: 10.1016/j.renene.2019.07.076.

Kiggundu, N. et al. 2016. Solar fruit drying technologies for smallholder farmers in Uganda, a review of design constraints and solutions. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 18(4), pp. 200–210.

Lingayat, A. et al. 2017. Design, Development and Performance of Indirect Type Solar Dryer for Banana Drying. *Energy Procedia* 109(November 2016), pp. 409–416. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.041>.

R., B. et al. 2018. Performance Evaluation of Solar and Oven Drying for Tropical Fruits. *International Journal of Advances in Scientific Research and*

- Engineering* 4(12), pp. 215–224. doi: 10.31695/ijasre.2018.33025.
- Rabha, D.K. and Muthukumar, P. 2017. Performance studies on a forced convection solar dryer integrated with a paraffin wax-based latent heat storage system. *Solar Energy* 149, pp. 214–226. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2017.04.012>.
- Rodriguez, A. et al. 2019. Experimental study of dehydration processes of raspberries (*Rubus idaeus*) with microwave and solar drying. *Food Science and Technology* 39(2), pp. 336–343. doi: 10.1590/fst.29117.
- Sandali, M. et al. 2019. Improvement of a direct solar dryer performance using a geothermal water heat exchanger as supplementary energetic supply. An experimental investigation and simulation study. *Renewable Energy* 135, pp. 186–196. doi: 10.1016/j.renene.2018.11.086.
- Sharma, A. et al. 2018. *Low Carbon Energy Supply*. Springer Singapore. Available at: http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-7326-7_3.
- Stegou-Sagia, A. and Fragkou, D. V. 2018. Thin layer drying modeling of apples and apricots in a solar-assisted drying system. *Journal of Thermal Engineering* 4(1), pp. 1680–1691. doi: 10.18186/journal-of-thermal-engineering.364909.
- Sunitha Venkateshamamba, B. et al. 2017. Study on effect of quality of green banana flour using different drying techniques. 6(10), pp. 1–7.
- Taib, Gunarif; Said, Gumbira; Wiraatmaja, Suteja. 1988. Operasi pengeringan pada pengolahan hasil pertanian /Gunarif Taib, Gumbira Said, Sutedja Wiraatmadja.: Mediyatama Sarana Perkasa.
- Thongsan, S. et al. 2017. Development of solar collector combined with thermoelectric module for solar drying technology. *Energy Procedia* 138, pp. 1196–1201. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.388>.
- Yadav, S. and Chandramohan, V.P. 2020. Performance comparison of thermal energy storage system for indirect solar dryer with and without finned copper tube. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 37(September 2019), p. 100609. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.100609>.