

## Unjuk Kerja Model Pengering Energi Surya

I Gusti Ketut Puja

Program Studi Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma  
Kampus III Paingen Maguwoharjo Depok Sleman, Yogyakarta, 55284  
E-mail: ketut@usd.ac.id

### Abstrak

Hasil pengeringan produk pertanian secara langsung di bawah sinar matahari memiliki banyak kelemahan seperti bila hari tiba-tiba hujan, gangguan binatang dan kualitasnya turun akibat radiasi ultraviolet. Oleh karena itu diperlukan alat pengering yang dapat mengatasi kelemahan-kelemahan tersebut diatas. Salah satu cara mengatasi hal tersebut adalah dengan alat pengering energi surya. Pada penelitian ini dibuat sebuah model alat pengering energi surya dan diselidiki unjuk kerja yaitu efisiensi kolektor, efisiensi sistem pengering, efisiensi pengambilan dan massa air yang berkurang. Model alat pengering energi surya terdiri dari kolektor, ruang/kotak pengering dan cerobong. Kolektor yang digunakan adalah jenis plat datar dengan absorber terbuat dari kasa aluminium berukuran panjang 8m dan lebar 1m, dibentuk sedemikian rupa sehingga memenuhi kotak kolektor berukuran  $2\text{ m} \times 1\text{ m} \times 0,12\text{ m}$ . Kotak kolektor tertutup kaca berukuran  $1\text{ m} \times 2\text{ m}$ . Variabel yang diukur meliputi temperatur udara ( $T$ ), kelembaban relatif udara ( $RH$ ), radiasi surya yang datang ( $G$ ) dan berat bahan uji pada setiap waktu ( $m$ ). Temperatur udara yang diukur terdiri dari temperatur masuk kolektor ( $T_1$ ), temperatur udara keluar kolektor ( $T_2$ ), dan temperatur udara keluar cerobong ( $T_3$ ). Kelembaban udara yang diukur adalah kelembaban realtif udara masuk kolektor ( $RH_1$ ), kelembaban relatif udara keluar kolektor ( $RH_2$ ), dan kelembaban relatif udara keluar cerobong ( $RH_3$ ). Pengukuran temperatur dan kelembaban menggunakan sensor DHT11, pengukuran berat menggunakan sensor berat dengan kapasitas 50 kg. Pengukuran radiasi surya menggunakan sensor dari panel surya yang telah dikalibrasi dengan pyranometer. Semua sensor tersebut dikopel dengan perangkat elektronik Arduino®. Perekaman data secara otomatis setiap 2 detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi kolektor masih rendah pada kisaran dibawah 10% Efisiensi kolektor tertinggi sekitar 9% pada radiasi  $470\text{ W/m}^2$  terjadi pada pengering dengan cerobong. Efisiensi sistem pengering tertinggi sekitar 40% juga terjadi pada pengering dengan cerobong dengan radiasi surya  $470\text{ W/m}^2$ . Efisiensi pengambilan kadar air maksimal mencapai 73% terjadi pada pengering dengan reflektor pada radiasi surya sekitar  $490\text{ W/m}^2$ .

**Keywords:** pengering energi surya, efisiensi kolektor, efisiensi sistem pengering, efisiensi pengambilan

### Pendahuluan

Pengering merupakan cara terbaik dalam pengawetan bahan makanan dan pengering energi surya merupakan teknologi yang sesuai bagi kelestarian alam (Scanlin, 1997). Kunci dari pengeringan bahan makanan adalah mengeluarkan kandungan air secepat mungkin pada temperatur yang tidak merusak bahan makanan tersebut. Jika temperatur terlalu rendah maka mikroorganisme akan berkembang sebelum bahan makanan kering tetapi jika temperatur terlalu tinggi maka bahan makanan dapat mengalami pengeringan berlebih pada bagian permukaan (Kendall, 1998). Eksperimen dengan absorber poros menggunakan bahan alumunium dengan permukaan reflektif dibagian bawahnya menghasilkan efisiensi yang hampir sama dengan enam lembar bilah baja yang

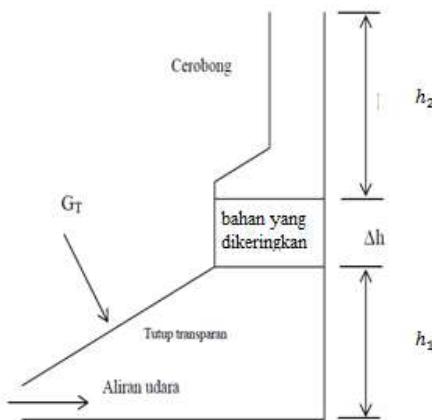
dicat hitam tetapi memiliki keunggulan dalam kemudahan pembuatannya (Scanlin, D et. Al, 1999). Proses pengeringan dengan konveksi paksa dengan absorber poros diperoleh efisiensi kolektor 0,46%-3,64%, efisiensi pengambilan kadar air 78,64%, efisiensi pengering 66,57% (Nugrahanto, Aditya 2011). Dari penelitian yang pernah dilakukan ternyata pengering dengan absorber poros memiliki efisiensi yang cukup baik.

### Dasar Teori

Pengeringan adalah suatu proses perpindahan panas dan massa yang komplek. Pengeringan bahan berarti proses menghilangkan kandungan air dari dalam bahan dan menguapkannya keluar permukaan bahan tersebut. Pengeringan energi surya adalah proses penguapan air dengan bantuan energi panas matahari. Dari metode

pengeringan, terdapat dua macam pengeringan energi surya yaitu pengeringan secara langsung dan pengeringan tak langsung. Pengeringan langsung suatu proses pemanasan langsung di bawah terik matahari. Sedangkan pengeringan tak langsung adalah proses pengeringan dengan aliran udara panas terhadap bahan tanpa paparan sinar matahari.

Alat pengering energi surya adalah suatu alat yang mampu mengeringkan bahan tanpa paparan sinar matahari secara langsung. Pada umumnya alat pengering energi surya terdiri dari 3 bagian yaitu kolektor surya, kotak atau rak bahan dan cerobong udara. Secara skematis, alat pengering energi surya ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Skema Pengering energi surya

Pada alat pengering energi surya, energi pancaran matahari akan ditangkap oleh kolektor yang didalamnya terdapat absorber panas. Energi panas kemudian berpindah ke udara yang terdapat di dalam kolektor sehingga temperatur udara menjadi lebih tinggi dari semula. Peningkatan temperatur udara ini menyebabkan aliran termosifon karena massa jenis dan kelembaban relatif udara turun. Selanjutnya udara panas dan kering tersebut melewati bahan yang dikeringkan dan terjadi perpindahan panas dan massa uap air. Proses tersebut terjadi terus menerus sampai udara kering tidak mampu lagi mengambil uap air di dalam bahan.

Unjuk kerja sistem pengering dapat dinyatakan dalam 3 macam efisiensi yaitu : (1) efisiensi kolektor ( $\eta_c$ ) efisiensi pengambilan ( $\eta_p$ ), dan efisiensi sistem ( $\eta_s$ ). Efisiensi kolektor adalah perbandingan antara energi berguna terhadap total energi radiasi surya yang ditangkap kolektor, dapat dinyatakan dengan persamaan (Arismunandar, 1995)

$$\eta_c = \frac{Q_u}{G_T \cdot A_c} \quad (1)$$

dengan  $Q_u$  adalah energi berguna (W),  $G_T$  adalah energi radiasi surya ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) dan  $A_c$  adalah luas total kolektor ( $\text{m}^2$ ). Energi berguna adalah energi yang digunakan untuk memanaskan suatu massa udara sehingga temperaturnya meningkat.

Efisiensi pengambilan kadar air ( $\eta_p$ ) didefinisikan sebagai perbandingan uap air yang dipindahkan (diambil) oleh udara dalam alat pengering dengan kapasitas teoritis udara menyerap uap air. Efisiensi pengambilan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara selisih kelembaban relatif udara masuk kolektor dan keluar kolektor terhadap selisih kelembaban relatif udara keluar cerobong dan keluar kolektor, atau dapat dinyatakan dengan persamaan

$$\eta_p = \frac{RH_1 - RH_2}{RH_3 - RH_2} \quad (2)$$

dengan  $RH_1$  adalah kelembaban relatif udara masuk kolektor,  $RH_2$  adalah kelembaban relatif udara keluar kolektor (sebelum melewati bahan) dan  $RH_3$  adalah kelembaban relatif udara setelah melewati bahan atau keluar kolektor

Efisiensi sistem pengeringan ( $\eta_s$ ) didefinisikan sebagai perbandingan antara energi yang digunakan untuk menguapkan air dari media uji yang dikeringkan dengan energi yang datang pada alat pengering, dan dapat dinyatakan dengan persamaan

$$\eta_s = \frac{\dot{m}_g \cdot L}{G_T \cdot A_c} \quad (3)$$

dengan  $\dot{m}_g$  laju massa air yang menguap ( $\text{kg}/\text{detik}$ ),  $L$  adalah kalor laten uap air (kalor penguapan) pada temperatur tertentu ( $\text{J}/\text{kg}$ ),  $G_T$  adalah radiasi surya yang masuk ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) dan  $A_c$  adalah luas total kolektor ( $\text{m}^2$ ).

## Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan 3 variasi alat pengering yaitu:

1. Alat pengering dengan penambahan reflektor
2. Alat pengering dengan penambahan cerobong, dan
3. Alat pengering dengan penambahan kipas *exhaust*

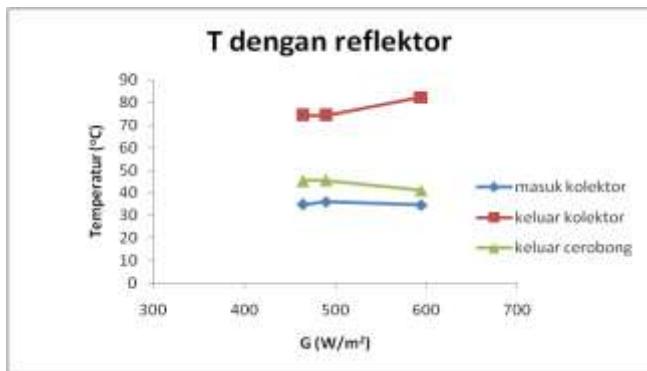
Bahan yang dikeringkan (bahan uji) pada penelitian ini adalah sekam padi basah. Sekam padi dipilih karena karakteristiknya mendekati gabah/padi.

Kolektor yang digunakan adalah jenis plat datar dengan absorber terbuat dari kasa aluminium berukuran panjang 8 m dan lebar 1 m, dibentuk sedemikian rupa sehingga memenuhi kotak kolektor berukuran  $2\text{m} \times 1\text{m} \times 0,12\text{ m}$ . Kotak kolektor tertutup kaca berukuran  $1\text{m} \times 2\text{m}$ . Variabel yang diukur meliputi temperatur udara ( $T$ ), kelembaban relatif udara ( $RH$ ), radiasi surya yang datang

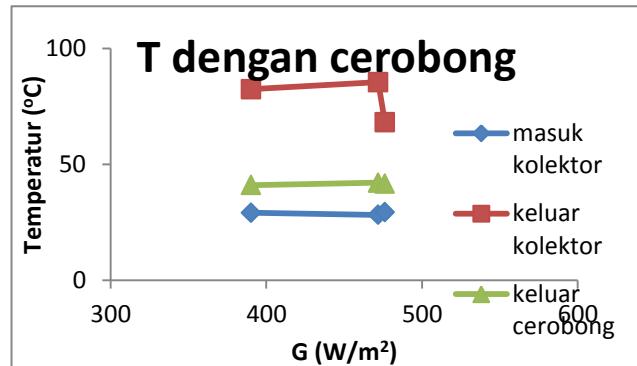
(G) dan berat bahan uji pada setiap waktu (m). Temperatur udara yang diukur terdiri dari temperatur masuk kolektor ( $T_1$ ), temperatur udara keluar kolektor sebelum melewati bahan uji ( $T_2$ ), dan temperatur udara keluar cerobong atau setelah melewati bahan ( $T_3$ ). Kelembaban udara yang diukur adalah kelembaban realtif udara masuk kolektor ( $RH_1$ ), kelembaban relatif udara keluar kolektor sebelum melewati bahan uji ( $RH_2$ ), dan kelembaban relatif udara keluar cerobong atau setelah melewati bahan ( $RH_3$ ). Pengukuran temperatur dan kelembaban menggunakan sensor DHT11, pengukuran berat menggunakan sensor berat dengan kapasitas 50 kg. Pengukuran radiasi surya menggunakan sensor dari panel surya yang telah dikalibrasi dengan pyranometer. Semua sensor tersebut dikopel dengan perangkat elektronik Arduino®. Perekaman data secara otomatis setiap 2 detik. Dari data yang diperoleh, unjuk kerja alat pengering dapat dicari dengan menggunakan persamaan 1 sampai dengan persamaan 3, yang selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara efisiensi, temperatur dan kelembaban relatif terhadap radiasi surya yang datang.

## Hasil dan Pembahasan

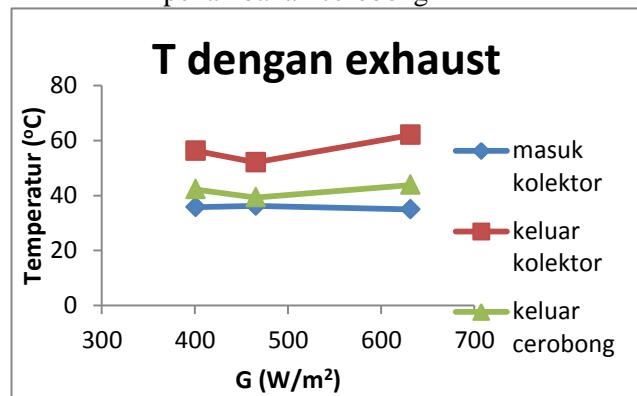
Hasil penelitian dijabarkan dengan grafik seperti tersaji pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 11. Gambar 2 sampai dengan Gambar 4 merupakan grafik hubungan antara temperatur terhadap radiasi surya yang datang, Gambar 5 sampai dengan Gambar 7 memperlihatkan hubungan antara kelembaban relatif udara terhadap radiasi surya yang datang dan Gambar 8 sampai dengan Gambar 10 menunjukkan hubungan antara efisiensi terhadap radiasi surya yang datang.



Gambar 2. Temperatur udara pada pengering dengan penambahan reflektor



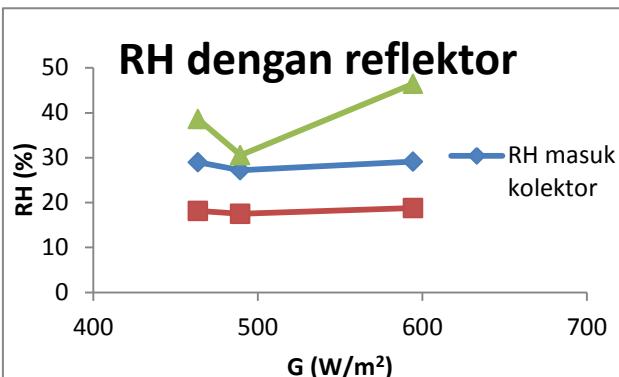
Gambar 3. Temperatur udara pada pengering dengan penambahan cerobong



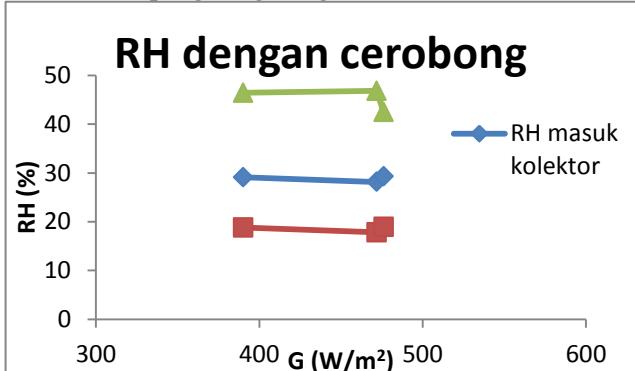
Gambar 4. Temperatur udara pada pengering dengan penambahan kipas exhaust

Dari gambar 2 sampai dengan Gambar 4 terlihat bahwa temperatur udara setelah melewati kolektor selalu lebih tinggi bila dibandingkan dengan temperatur saat masuk kolektor (temperatur udara lingkungan). Hal ini sesuai dengan teori bahwa telah terjadi perpindahan panas dari kolektor ke udara sehingga terjadi aliran secara termosifon. Bila dibandingkan antara Gambar 2 dan Gambar 4 terlihat bahwa pada pengering dengan penambahan reflektor dan kipas exhaust terjadi kecenderungan peningkatan temperatur udara keluar kolektor seiring dengan peningkatan radiasi energi surya yang datang. Namun demikian temperatur udara pada pengering dengan kipas exhaust relatif lebih rendah. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada pengering dengan penambahan kipas exhaust, laju aliran udara dimungkinkan lebih besar sehingga proses pengambilan panas dari absorber terjadi lebih cepat.

Kelembaban relatif merupakan fungsi dari temperatur basah dan temperatur kering udara. Semakin tinggi temperatur kering udara semakin rendah kelembaban relatif. Pada penelitian ini, kelembaban relatif udara terendah terjadi pada lokasi dimana udara keluar dari kolektor untuk keseluruhan kondisi alat pengering seperti terlihat pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 7.. Hal ini sesuai dengan tujuan proses pengeringan bahwa dengan kelembaban relatif yang rendah akan mampu mengambil uap air dari bahan uji.

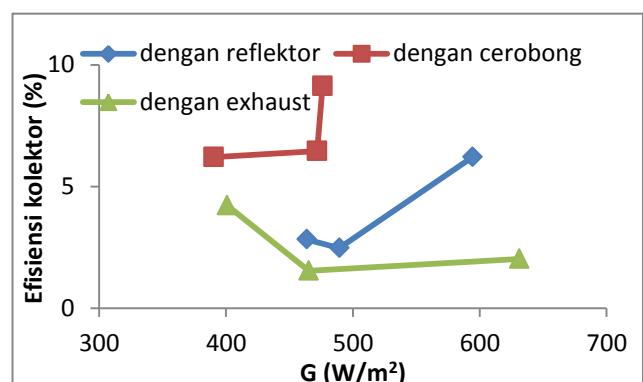


Gambar 5. Kelembaban relatif udara pada pengering dengan reflektor

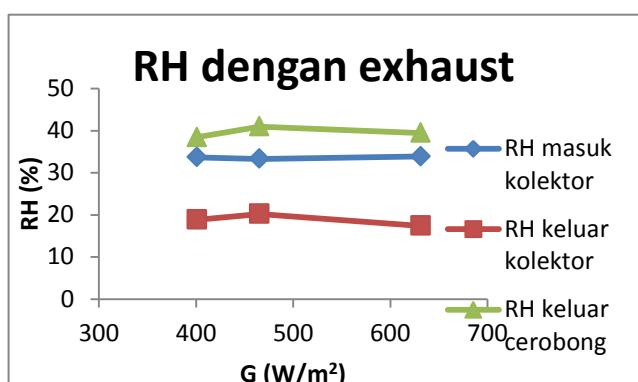


Gambar 6. Kelembaban udara pada pengering dengan cerobong

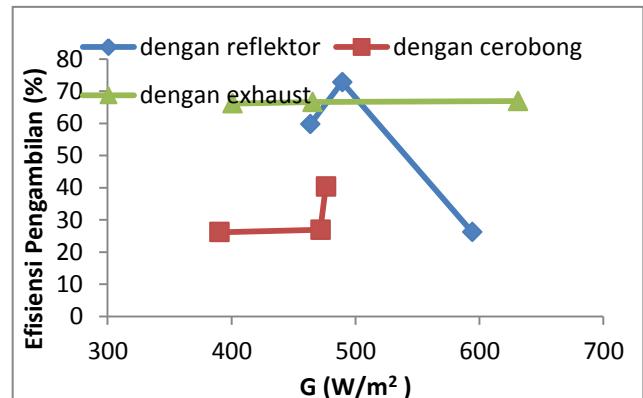
pengering terlihat sangat rendah pada kisaran dibawah 10%. Hal ini dapat dipahami bahwa energi yang diterima kolektor agak sulit berpindah ke udara, mengingat konduktivitas termal udara sangat kecil. Disamping itu, laju aliran udara secara termosifon sangat rendah sehingga perpindahan panas secara konveksi juga kecil. Pada pengering dengan penambahan reflektor, efisiensi kolektor tetap kecil bahkan lebih rendah dibandingkan dengan pengering yang diberi cerobong. Hal ini dapat dijelaskan bahwa peningkatan energi panas yang digunakan untuk memanaskan udara (energi berguna) tidak sebanding dengan luas permukaan tangkapan (aperture) radiasi surya melalui reflektor.



Gambar 8. Efisiensi kolektor



Gambar 7. Kelembaban udara pada pengering dengan kipas exhaust

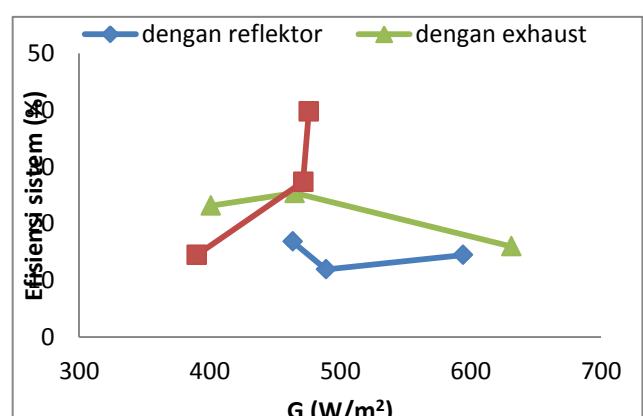


Gambar 9. Efisiensi pengambilan

Kelembaban relatif udara setelah melewati bahan uji meningkat bahkan lebih tinggi dari kelembaban udara luar untuk keseluruhan kondisi alat pengering. Ini berarti proses pengambilan uap air di dalam bahan uji berjalan efektif.

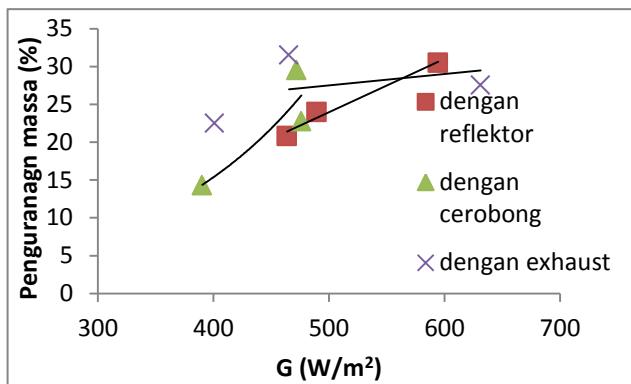
Dari ketiga kondisi pengering terlihat bahwa kelembaban relatif udara keluar dari kolektor tidak terjadi perbedaan yang signifikan. Ketiga kondisi menunjukkan bahwa kisaran kelembaban relatif udara keluar kolektor berada pada angka 15% sampai dengan 20%.

Efisiensi kolektor pada ketiga kondisi alat



Gambar 10. Efisiensi sistem

Efisiensi pengambilan paling stabil terjadi pada pengering dengan penambahan kipas *exhaust*. Kecuali pada pengering dengan penambahan reflektor, efisiensi pengambilan uap air mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan radiasi surya yang datang. Pada pengering dengan reflektor, efisiensi maksimum terjadi pada rerata radiasi surya sekitar  $490 \text{ W/m}^2$  yaitu pada kisaran 73%. Tetapi dengan peningkatan radiasi surya, efisiensi pengambilan justru cenderung turun. Hal ini bias dimungkinkan karena bahan uji sudah kering, sehingga kemampuan mengambil uap air menjadi terbatas.



Gambar 11. Pengurangan massa bahan uji

Seperti terlihat pada Gambar 11, persentase pengurangan massa bahan uji untuk pengering dengan reflektor sudah mencapai 31%, sementara pengering dengan *exhaust* dan cerobong masih di bawah 30%. Ini menunjukkan bahwa, walaupun kecenderungan efisiensi pengambilan pengering dengan reflektor menurun, kadar air bahan uji sudah berkurang paling banyak sehingga proses pengambilan menjadi lebih sulit.

Untuk efisiensi system, pengering dengan cerobong menghasilkan nilai tertinggi sekitar 40% pada radiasi surya sekitar  $480 \text{ W/m}^2$ . Efisiensi system terkait dengan jumlah uap air yang dilepas bahan uji dan total energi panas yang masuk. Dalam hal ini, jumlah uap air yang dilepas bahan uji maksimum terjadi pada pengering dengan reflektor. Tetapi, jumlah energi yang masuk juga paling tinggi sehingga peningkatan jumlah uap air yang mampu dilepas tidak sebanding dengan peningkatan energi surya yang masuk. Hal ini menyebabkan efisiensi system pada pengering dengan reflektor lebih rendah bila dibandingkan dengan penambahan cerobong maupun kipas *exhaust*.

## Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Efisiensi kolektor tertinggi sekitar 9% pada radiasi  $470 \text{ W/m}^2$  terjadi pada pengering dengan cerobong.
2. Efisiensi sistem pengering tertinggi sekitar 40% juga terjadi pada pengering dengan cerobong dengan radiasi surya  $470 \text{ W/m}^2$ .
3. Efisiensi pengambilan kadar air maksimal mencapai 73% terjadi pada pengering dengan reflektor pada radiasi surya sekitar  $490 \text{ W/m}^2$

## Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada saudara Yohanes Andhi Kurniawan, Petrus Bangun Cahayanto dan Ardhi Wicaksana yang telah membantu dalam proses pengambilan data.

## Referensi

- Arismunandar, W.,(1995), *Teknologi Rekayasa Surya*, Jakarta : Pradnya Paramita
- Kendall, P.; Allen, L, (1998), *Drying Vegetables; Food and Nutrition Series-Preparation*, Colorado State University Cooperative Extension Service Publication 10/1998
- Nugrahanto, A.,(2011), *Pengering padi konveksi paksa dengan absorber Porus*, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta
- Scanlin, D., (1997), *The Design, Construction And Use Of An Indirect, Through-Pass, Solar Food Dryer, Home Power*, Issue No 57, Pages 62,72, February/March 1997
- Scanlin, D; Renner, M; Domermuth, D; Moody, H.,(1999), *Improving Solar Food Dryers, Home Power*, Issue No.69, pages 24-34, February/ March 1999.