



PENGUJIAN THERMAL ALAT PENGERING PADI DENGAN KONSEP NATURAL CONVECTION

IGNB. Catrawedarma

Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi

Email: ngurahcatra@yahoo.com

Jefri A

Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi

Anang K.R

Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi

Abstrak

Penelitian terkait dengan performansi alat pengering dengan konsep natural convection telah dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan padi sebagai material uji. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali untuk mendapatkan performansi alat pengering yang meliputi energi masuk, energi yang berguna, dan efisiensi termalnya. Energi masuk didapat dengan menggunakan data debit, kalor jenis, dan temperatur udara yang masuk ke ruang pengering. Energi berguna didapat dengan memasukkan data massa air yang diuapkan dan kalor laten penguapan. Efisiensi termal merupakan rasio energi berguna dan energi masuk. Semua data tersebut didapatkan dari hasil pengujian. Dari hasil pengujian serta perhitungan data untuk ketiga pengujian didapatkan hasil bahwa laju energi masuk ke bed pengering sebesar 4,84 kW, laju energi pengeringan sebesar 0,6837 kW, dan efisiensi termalnya sebesar 14,12%.

Kata kunci: alat pengering, natural convection, efisiensi thermal

PENDAHULUAN

Belakangan ini telah bermunculan alat pengering buatan dengan berbagai jenis dan tipe yang sebagian besar menggunakan blower atau kipas untuk mengalirkan udara pengeringnya. Alat pengering tersebut termasuk dalam kategori penerapan teori konveksi paksa (*forced convection*) karena udara pengering dipaksa bergerak oleh blower ataupun kipas dari sumber panas menuju ruang pengering. Walaupun alat tersebut mempunyai keunggulan yaitu proses pengeringan yang lebih cepat dari cara konvensional, namun banyak juga kelemahannya yaitu terjadi perubahan komposisi dari material yang dikeringkan karena pemberian panas yang sangat tinggi dalam



waktu singkat, penambahan alat (blower atau kipas) yang dapat menambah biaya pembuatan dan perawatan.

Penelitian terkait dengan pengeringan telah dilakukan oleh para peneliti seperti Burlian dan Firdaus (2011) melakukan penelitian dengan material uji kerupuk dan sumber panas dari tenaga surya didapatkan hasil efisiensi sebesar 75,42% dan laju pengeringan rata-rata 1,07 gram/menit. Yuwana dan Silvia (2012) meneliti dengan sumber kalor dari tenaga surya dengan material uji cabai merah, sawi, dan daun singkong didapatkan hasil bahwa waktu pengeringan lebih cepat dibandingkan dengan penjemuran dan warna sayuran yang dikeringkan tidak menunjukkan pencoklatan yang berarti. Joko, dkk (2013) melakukan riset dengan menggunakan pengering tipe rak, bahan bakar LPG dan blower sebagai penghembus udara serta dengan material uji singkong, dari hasil riset tersebut diketahui bahwa Tata letak bahan tidak berpengaruh terhadap efisiensi, temperatur pengeringan sangat berpengaruh terhadap efisiensi alat.

Dari pemaparan diatas sudah banyak penelitian yang dilakukan dengan sebagian besar menggunakan tenaga surya sebagai sumber kalor dan juga menggunakan blower sebagai penghembus udara. Berdasarkan dari dua hal tersebut yaitu sumber kalor dan penghembus udara, maka dalam penelitian ini akan diaplikasikan suatu teori lain yaitu teori konveksi alami (*natural convection*) sebagai pengganti metode pengering secara konvensional dan cara buatan dengan konsep konveksi paksa. Alat pengering dengan konsep *natural convection* ini tanpa menggunakan blower ataupun kipas untuk menggerakkan udara pengering hanya memanfaatkan perubahan massa jenis dari udara pengering. Udara yang dipanaskan, maka massa jenisnya akan menurun sehingga akan bergerak keatas. Alat pengering ini akan mengurangi uap air yang terkandung dalam material secara perlahan-lahan dengan mengacu pada prinsip pengering secara konvensional, sehingga komposisi akhir dari materialnya diharapkan mendekati komposisi setelah dikeringkan secara konvensional.

Dengan mengacu pada keunggulan dari alat pengering dengan konsep *natural convection*, maka dalam penelitian ini akan dirancang dan dianalisis performansi dari alat pengering tersebut dengan menggunakan padi sebagai material uji. Performansinya meliputi waktu pengeringan, energi masuk ke ruang pengering, energi yang berguna untuk proses pengeringan dan efisiensi dari alat pengering. Pemilihan padi sebagai material uji dikarenakan padi.

LANDASAN TEORI

Prinsip Pengeringan

Prinsip dari proses pengeringan adalah pengurangan kadar air yang terkandung dalam material yang dikeringkan. Proses pengurangan kadar air ini dilakukan dengan mengalirkan udara panas ke permukaan material tersebut sehingga terjadi proses perpindahan panas secara konveksi dari udara panas ke permukaan material dan dilanjutkan dengan proses perpindahan massa dari material ke udara. Kadar air yang terkandung dalam material dapat diketahui dari tingkat



kelembabannya. Tujuan dari pengeringan ini salah satunya adalah sebagai metode untuk pengawetan material uji. Terdapat tiga proses dalam pengeringan yaitu:

Proses pemanasan, terjadi peningkatan temperatur dari material yang dikeringkan karena penambahan energi kalor dari luar. Energi yang ditambahkan pada proses ini adalah berupa *sensible heat*.

Proses perubahan fase, dalam tahap ini terjadi pemanfaatan energi kalor yang berupa *latent heat* hanya untuk proses penguapan cairan yang terkandung material (perubahan fase dari cair menjadi uap air), dan tidak menimbulkan perubahan temperatur.

Proses pembuangan uap, pada tahap ini uap air yang terkandung dalam material dibuang keluar ruang pengering bersamaan dengan aliran udara.

Alat Pengering Buatan

Alat pengering buatan tidak bergantung pada kondisi cuaca karena fungsi matahari sebagai sumber energi panas digantikan oleh sumber panas yang lain seperti heater, maupun kompor. Beberapa keuntungan dari alat pengering buatan adalah:

1. Tidak bergantung pada panas matahari atau kondisi musim untuk mengeringkan material
2. Pengeringan material dapat dilakukan secara kontinyu dan setiap saat
3. Hasil yang didapat lebih bersih dari kotoran dan debu karena terjadi dalam runga tertutup dan menggunakan *filter* udara pada saluran udara masuk untuk menyaring udaranya.

Performansi Pengeringan

Performansi pengeringan terdiri dari:

1. **Laju energi kalor masuk (\dot{q}_{in})**, yaitu energi yang masuk kedalam ruang pengering, dapat dihitung dengan persamaan:

$$\dot{q}_{in} = \dot{m}_{in} \cdot C_p \cdot T_{in} \quad (1)$$

$$\dot{m}_{in} = \dots \cdot A \cdot V$$

Dimana:

\dot{q}_{in} = laju energi udara pengering (Watt)

\dot{m}_{in} = laju aliran massa udara pengering (kg/s)

C_p = kalor spesifik udara pada tekanan konstan dilihat pada tabel udara pada temperatur tertentu (J/kg.K)

T_{in} = temperatur udara pengering (K)

ρ = massa jenis udara pengering (kg/m³).

A = luasan permukaan aliran udara masuk ruang pengering (m²).



V = kecepatan aliran masuk udara pengering (m/s). dihitung dengan persamaan 2.1.

2. **Laju energi pengeringan** (\dot{q}_p), yaitu jumlah energi kalor yang dipergunakan untuk menguapkan massa air pada material per satuan waktu dengan persamaan:

$$\dot{q}_p = M_w \cdot L_h \quad (2)$$

$$M_w = \frac{m_a - m_i}{t}$$

dimana :

\dot{q}_p = laju energi panas pengeringan (Watt)

M_w = massa air dalam material yang pindah ke udara pengering (kg)

L_h = panas laten penguapan air diambil dari tabel uap jenuh air sesuai dengan temperaturnya (J/kg)

m_a = massa awal material (kg)

m_i = massa akhir material (kg)

t = waktu pengeringan (s)

3. **Efisiensi pengeringan**, yaitu perbandingan antara energi panas berguna pada proses pengeringan pakaian dengan energi panas yang memasuki ruang pengering, dapat dirumuskan sebagai berikut:

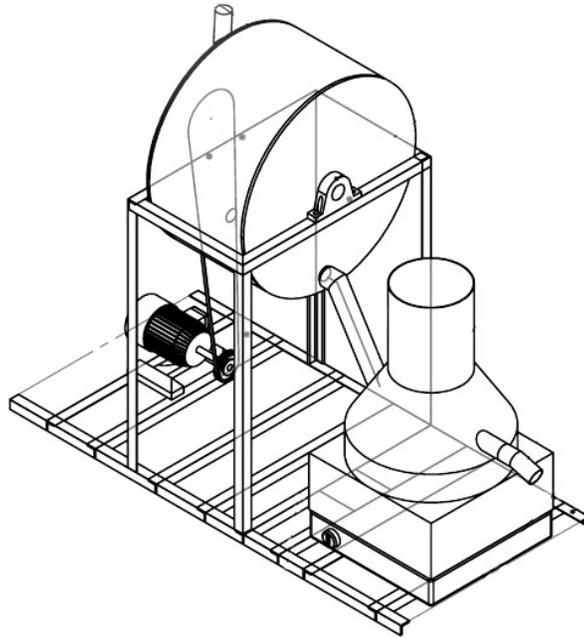
$$y_p = \frac{\dot{q}_p}{\dot{q}_{in}} \times 100\% \quad (3)$$

METODE PENELITIAN

Tahap Pengambilan Data

1. Ukur massa material sebelum dimasukkan kedalam bed pengering untuk mendapatkan m_a .
2. Masukkan material yang akan dikeringkan ke dalam bed pengering.
3. Nyalakan motor listrik untuk memutar bed pengering
4. Nyalakan kompor LPG.
5. Mencatat data-data penelitian yang meliputi temperatur udara T_{bki} (temperatur bola kering inlet), T_{bbi} (temperatur bola basah inlet), T_{bko} (temperatur bola kering outlet), dan T_{bbo} (temperatur bola basah outlet), serta Δr_{mt} pada sisi inlet yang dilakukan setiap 15 menit.
6. Proses pengeringan dianggap selesai jika bentuk, dan tekstur gabah menyerupai gabah yang dikeringkan secara konvensional.
7. Setelah proses pengeringan selesai, selanjutnya diukur massa akhir dari material yang dikeringkan untuk mendapatkan m_i .

8. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan untuk mengetahui konsistensi data dan nilai reratanya.



Gambar 1. Alat Pengering *Natural Convection*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancang Bangun

Dari hasil perencanaan, dan perancangan yang sudah dilakukan, maka didapatkan bahwa: alat pengering yang dirancang berkapasitas 35 kg, motor yang digunakan dengan daya 1,5 Hp dan putara 1400 rpm, diameter poros yang digunakan adalah 1,5", gear box yang digunakan dengan rasio 1:60, rangka mesin aman untuk digunakan.

Kadar Air Padi

Kadar air merupakan parameter yang terpenting dalam proses pengeringan, karena pada prinsipnya proses pengeringan adalah proses pengurangan kadar air. Kadar air dari suatu proses pengeringan dapat bedakan menjadi 2 basis yaitu kadar air basis basah (Ka_{wb}) dan kadar air basis kering (Ka_{db}). Kedua jenis kadar air tersebut dihitung dengan persamaan:

$$Ka_{wb} = \frac{\text{massa air}}{\text{massa bahan basah}} = \frac{m_a}{m_p + m_a} \times 100\%$$

$$Ka_{db} = \frac{Ka_{wb}}{1 - Ka_{wb}} \times 100\%$$

$$Ka_{wb} = \frac{35 - 30,9}{35} \times 100\% = 11,71\%$$

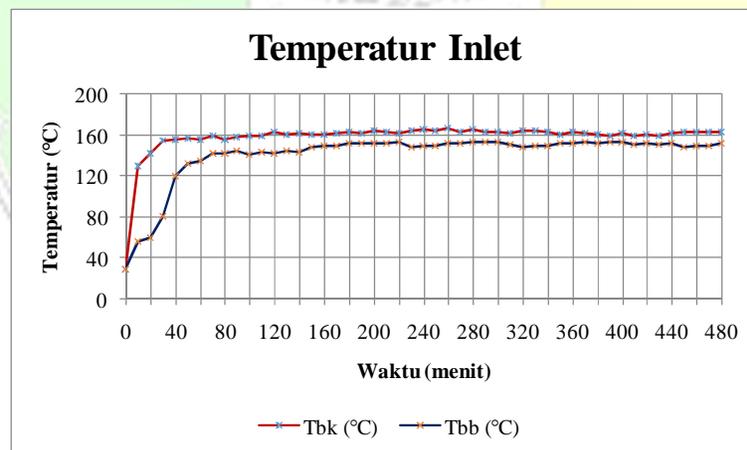


$$Ka_{db} = \frac{0,1171}{1 - 0,1171} \times 100\% = 13,26\%$$

Dari hasil perhitungan dapat dikatakan bahwa nilai dari kadar air hasil pengeringan sudah memenuhi standar penggilingan yaitu 10-14%.

Waktu Pengeringan

Waktu pengeringan adalah waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan air yang terkandung dalam gabah. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa diawal proses terjadi peningkatan temperatur udara yang sangat drastis pada sisi inlet, hal ini disebabkan oleh terjadinya proses pemanasan. Proses pemanasan ini berlangsung kurang lebih selama 40 menit, karena energi kalor yang keluar dari sumber kalor relatif konstan. Selanjutnya dari menit ke-40 sampai menit ke-360 terjadi proses penguapan didalam bed pengering. Proses yang terjadi didalam bed pengering adalah perpindahan kalor secara konveksi dari udara pengering ke permukaan gabah, dan permukaan gabah ke bagian dalamnya yang selanjutnya merubah air yang terkandung dalam gabah menjadi uap dan akan mengalir ke luar bed melalui saluran outlet. Proses aliran ini terjadi secara alamiah karena penurunan massa jenisnya. Setelah proses pemanasan saluran inlet, selanjutnya trend energi kalor yang masuk ke dalam ruang pengering relatif konstan (walupun ada fluktuasi) karena selama proses pengeringan bukaan valve dari kompor LPG dijaga konstan dan fluktuasi ini sangat dipengaruhi oleh kondisi udara luar yang masuk kedalam saluran.



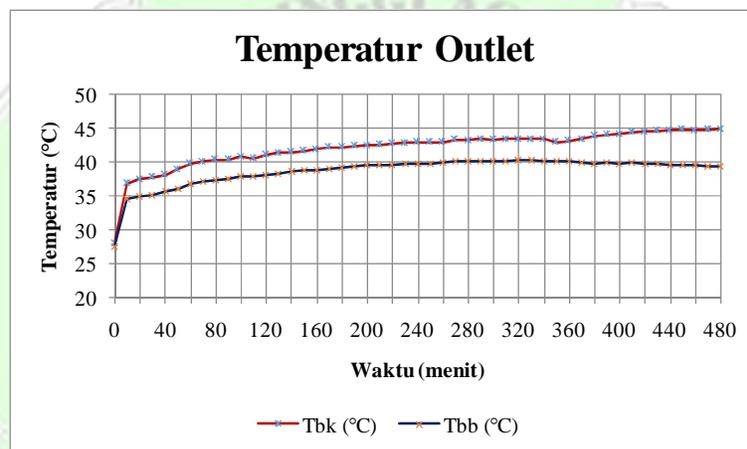
Gambar 2. Grafik Temperatur Inlet

Laju Aliran Massa Air yang Diuapkan

Laju aliran massa air yang diuapkan adalah besarnya massa air yang dirubah fasenya melalui proses pengeringan per satuan waktu, atau jumlah air yang diuapkan setiap detik. Laju aliran massa air yang diuapkan dapat diketahui dari data pada Gambar 3. Secara umum dapat dibedakan menjadi 3 kondisi yaitu kondisi awal, proses, dan akhir. Pada kondisi awal terjadi pemanasan ruang pengering yang ditandai dengan



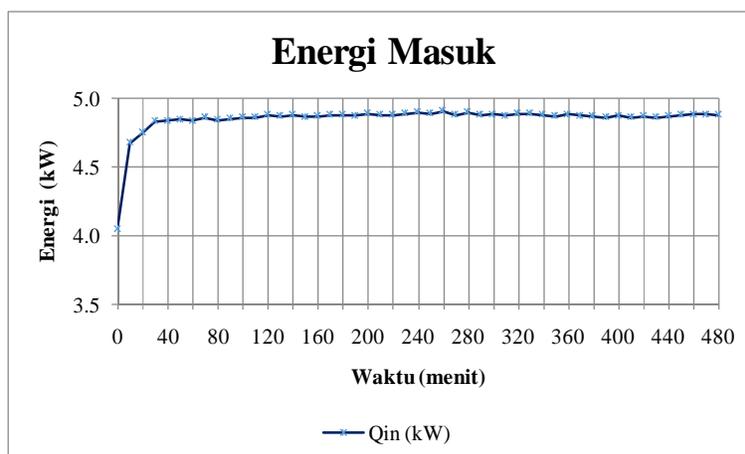
meningkatnya temperatur bola kering dan bola basah. Dalam kondisi ini sudah mulai terjadi pengangkatan uap air dari dalam padi walaupun tidak begitu banyak. Selanjutnya adalah proses pengeringan untuk mengangkat uap air yang terkandung dalam padi, proses ini dapat dilihat ketika temperatur bola kering dan temperatur bola basahnya relatif konstan. Pada kondisi ini temperatur udara pengering sudah cukup untuk menguapkan air yang terkandung dalam padi, pada kondisi ini juga merupakan puncak dari proses pengurangan kadar air dalam padi. Kondisi selanjutnya adalah kondisi akhir, pada kondisi ini kandungan uap air pada udara kering sudah mulai berkurang seiring dengan berkurangnya air yang terkandung dalam padi. Proses ini mulai terjadi pada menit ke-360 temperatur bola kering mengalami peningkatan, tetapi temperatur bola basah cenderung konstan, sehingga dari kondisi ini dapat diprediksi bahwa uap air yang terkandung dalam udara kering yang melewati saluran outlet sudah mulai berkurang atau dapat dikatakan bahwa padi sudah mulai kering.



Gambar 3. Grafik Temperatur Outlet untuk Semua Pengujian

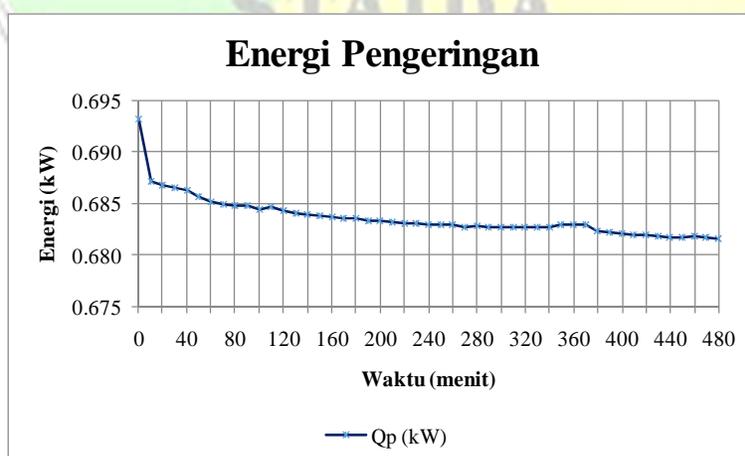
Performansi Alat Pengering

Performansi alat pengering dapat diketahui dari tingkat efisiensi termalnya. Parameter yang berpengaruh terhadap efisiensi termal adalah laju energi kalor yang masuk dan laju energi kalor yang berguna (energi pengeringan).



Gambar 4. Grafik Laju Energi Masuk

Dalam pengujian ini, laju energi yang masuk cenderung konstan, hal ini dikarenakan oleh debit bahan bakar yang keluar dari nosel untuk memanaskan saluran inlet sudah diseting konstan. Namun, dari Gambar 4 dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan yang sangat signifikan diawal proses pengeringan, hal ini dikarenakan oleh perubahan temperatur dari sebelum pemanasan sampai proses pemanasan. Sebelum pemanasan udara bertemperatur rendah, karena tidak diberikan suplai kalor. Setelah sumber kalor (kompur LPG) dinyalakan, maka akan terjadi peningkatan temperatur selama kurang lebih 30 menit, setelah itu energi masuknya cenderung konstan. Walaupun ada fluktuasi (naik turunnya grafik), hal ini dikarenakan oleh pengaruh temperatur udara dari lingkungan yang masuk ke dalam saluran inlet tidak seragam. Rata-rata laju energi kalor yang masuk kedalam bed pengering didapat sebesar 4,84 kW.



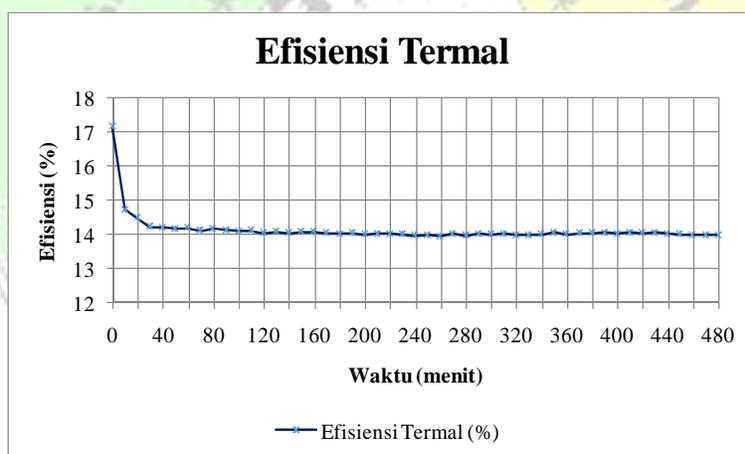
Gambar 5. Grafik Laju Energi Pengeringan

Laju energi pengeringan adalah energi yang digunakan untuk melakukan pengeringan setiap satuan waktu. Pengeringan pada dasarnya adalah proses



pengurangan kadar air yang terkandung pada gabah, cara untuk pengurangan kadar air ini adalah dengan menguapkannya. Penguapan merupakan proses perubahan fase dari cair menjadi uap, langkah yang dilakukan adalah dengan meningkatkan temperatur air sampai pada titik jenuhnya. Untuk meningkatkan temperatur air sampai titik jenuhnya dibutuhkan energi kalor. Energi kalor yang dibutuhkan inilah yang disebut dengan energi pengeringan atau dalam hal ini disebut sebagai energi yang berguna.

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa laju energi pengeringan sangatlah jauh lebih kecil dari laju energi masuk, hal ini diprediksi karena terlalu banyaknya kehilangan energi yang terjadi dalam sistem (bed pengering). Kehilangan energi ini dikarenakan oleh sistem yang tidak terisolasi dengan sempurna. Walaupun terjadi kehilangan energi yang cukup besar, tetapi alat ini cukup berhasil untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam gabah. Terbukti dengan penurunan massa gabah dari massa awalnya 35 kg sampai dengan massa setelah pengeringan sebesar 30,9 kg. Dari Gambar 5.15 dapat diketahui bahwa laju energi pengeringan memiliki kecenderungan turun dari awal sampai akhir proses, hal ini disebabkan oleh temperatur bola kering pada sisi outlet cenderung meningkat sehingga kalor laten penguapannya menjadi rendah, sehingga laju energi pengeringannya menurun. Laju pengeringan rata-rata didapat sebesar 0,6837 kW.



Gambar 6. Grafik Efisiensi Termal

Efisiensi termal secara umum mengandung pengertian sebagai rasio antara energi yang berguna dengan energi yang masuk ke sistem. Dalam hal proses pengeringan ini energi yang berguna merupakan energi yang digunakan untuk proses penguapan. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa grafik efisiensi termal cenderung menurun, hal ini disebabkan oleh laju energi pengeringan yang menurun. Jika semakin lama waktu pengeringan, maka diprediksi semakin menurun efisiensi termalnya. Hal ini dikarenakan oleh terjadinya kehilangan energi yang terjadi dalam ruang pengering. Kehilangan energi itu berasal dari energi yang terserap oleh poros, dan energi yang keluar melewati celah-celah kecil pintu masuk dan keluar padi.



Sehingga secara umum kehilangan energi tersebut disebabkan oleh ruang pengering yang tidak terisolasi dengan sempurna. Efisiensi termal rata-rata yang didapat dari hasil pengujian dan perhitungan adalah sebesar 14,12%.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian serta perhitungan data didapatkan hasil bahwa laju energi masuk ke bed pengering sebesar 4,84 kW, laju energi pengeringan sebesar 0,6837 kW dan efisiensi termalnya sebesar 14,12%. Dengan kadar air yang didapat sebesar 11,71%, maka alat pengering dengan konsep natural convection dapat diterapkan di masyarakat.

SARAN

Untuk instansi terkait, perlu dibuatkan kebijakan strategis yang berkaitan dengan penanganan pasca panen padi terutama untuk proses pengeringan dengan mengintensifkan introduksi, demonstrasi, dan promosi alat pengering jenis *natural convection* ini melalui penyuluhan, dan pelatihan yang lebih terfokus untuk penyuluh lapang dan gapoktan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini merupakan kerjasama antara Pemerintah Daerah Banyuwangi melalui BAPPEDA Banyuwangi dan Politeknik Negeri Banyuwangi melalui Program Studi Teknik Mesin. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini disampaikan ucapan terimakasih kepada Pemerintah Daerah Banyuwangi atas bantuan anggaran penelitian untuk tahun 2016, begitu juga kepada segenap Poliwangi Team atas perhatian, pemikiran dan bantuan yang lainnya sehingga penelitian ini bisa terselenggara dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Burlian F, dan Firdaus A, 2011, *Kaji Eksperimental Alat Pengering Kerupuk Tenaga Surya Tipe Box Menggunakan Konsentrator Cermin Datar*, Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3, pp 95-109, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang
- Joko NWK, Destiani S, dan Nursigit B, 2013, *Pengeringan Kerupuk Singkong Menggunakan Pengering Tipe Rak*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi V, Lembaga Penelitian Universitas Lampung, 19-20 November 2013
- Yuwana dan Silvia E, 2012, *Penggunaan Pengering Energi Surya Model YSD-UNIB12 Untuk Pengering Cabai Merah, Sawi dan Daun Singkong*, *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu*, pp. 145-153, Bengkulu