

PENGUJIAN TERMAL PENGERING GABAH *UNFIXED FLAT BED*

IGNB. Catrawedarma¹, Halil²

¹Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi

²Staf Pengajar Program Studi Agribisnis, Politeknik Negeri Banyuwangi

¹Email: ignb.catrawedarma@poliwangi.ac.id

Naskah diterima: 16 November 2018 ; Naskah disetujui: 31 Desember 2018

ABSTRAK

Proses pengeringan yang selama ini digunakan oleh para petani adalah dengan mengeringkan di bawah sinar matahari. Cara ini terkendala di saat musim hujan, sehingga tidak bisa melakukan pengeringan. Jika proses ini terlambat, maka mengganggu tingkat kestabilan produktifitas beras dan pasokan beras ke masyarakat menjadi terlambat. Pengereng dengan konsep natural convection dan bed pengereng datar yang bergerak menjadi salah satu solusi untuk membantu petani dalam mengeringkan gabahnya. Oleh karena itu, telah di rancang alat pengereng natural konveksi tipe unfixed flat bed dengan spesifikasi jumlah bed 4 tingkat. Untuk mengetahui kinerja termal dari alat tersebut telah dilakukan pengujian dengan mengukur temperatur udara yang masuk dan keluar ruang pengereng, massa gabah di masing-masing bed sebelum dan sesudah pengeringan untuk mendapatkan kinerja termal seperti besarnya energi kalor yang masuk, waktu penguapan, distribusinya untuk masing-masing tingkatan bed, dan efisiensi termalnya. Hasil pengujian di ketahui bahwa dengan energi masuk sebesar 6,396 kW diperlukan waktu 125 menit untuk menguapkan air yang ada dalam padi, dengan efisiensi termal tertinggi pada rak ke-2 dari bawah.

Kata Kunci : *Alat pengereng unfixed flat bed, natural convection, waktu pengeringan, efisiensi termal*

PENDAHULUAN

Data terakhir dari BPS Banyuwangi menunjukkan bahwa produktivitas padi di Banyuwangi mengalami ketidakstabilan dari tahun 2013 sampai 2015. Jumlah produksi padi tahun 2013 sebanyak 760824 ton, 777996 ton tahun 2014 dan 899880 ton tahun 2015. Produktivitas padi tahun 2013 sebesar 65,87 Kw/Ha, tahun 2014 64,94 Kw/Ha, dan tahun 2015 sebesar 65,83 Kw/Ha. Dengan produksi yang meningkat dari tahun 2013 sampai 2015, seharusnya produktifitas padi mengalami peningkatan, tetapi terjadi penurunan pada tahun 2014. Kehilangan hasil pasca panen untuk tanaman padi sebesar 20,51% dengan rincian kehilangan saat pemanenan 9,52%, perontokan 4,78%, pengeringan 2,13% dan penggilingan 2,19%. Kehilangan hasil pada saat pengeringan ini menjadi salah satu faktor yang mendukung ketidakstabilan produktivitas padi. Dari hasil produksi tersebut, para petani selalu menjual gabah baik ke tengkulak maupun ke perum Bulog dalam bentuk gabah kering panen (GKP), tanpa dikeringkan terlebih dahulu sehingga harga jual yang didapat petani sebesar Rp. 4347. Harga ini lebih rendah dari penjualan gabah dalam bentuk gabah kering giling (GKG) dengan harga sebesar Rp. 4846 (BPS). Oleh karena itu,

untuk meningkatkan harga jual gabah, maka petani perlu untuk mengeringkan gabahnya terlebih dahulu sebelum di jual.

Proses pengeringan yang selama ini digunakan adalah dengan mengeringkan dibawah sinar matahari. Cara ini terkendala disaat musim hujan, sehingga tidak bisa melakukan pengeringan. Jika proses ini terlambat, maka mengganggu tingkat kestabilan produktifitas beras dan pasokan beras ke masyarakat menjadi terlambat. Dengan perkembangan IPTEK, pemerintah Kabupaten Banyuwangi melakukan inovasi pengadaan mesin *flat bed dryer* untuk mengeringkan padi serta pelatihan dengan hasil penerapannya pada kelompok tani di Kecamatan Glagah. Di sisi lain, mesin tersebut didesain sangat kompleks, dengan prinsip kerja mengacu pada *forced convection*, sehingga cara pembuatan, dan pengoperasiannya tidak mudah, serta perlu mengatur ketebalan gabah dalam ruang pengereng karena *bed* pengerengnya tidak bergerak (*fixed bed*).

Pengereng dengan konsep *natural convection* dan *bed* pengereng datar yang bergerak menjadi salah satu solusi untuk membantu petani dalam meningkatkan nilai jual gabahnya. Pengereng tipe ini sangat mudah dalam pengoperasian karena

hanya memasukkan gabah kedalam ruang pengering tanpa harus mengaduk secara manual karena *bednya* sudah bergerak secara translasi, dan perawatannya mudah hanya dengan membersihkan komponennya setelah selesai menggunakan. Pada prinsipnya pengering ini akan mengurangi kadar air pada secara perlahan-lahan karena udara panas secara alami mengalir kedalam ruang pengering tanpa bantuan blower mirip dengan pengering sinar matahari tetapi tidak perlu ruang yang luas, disamping itu kontaminasi oleh debu dan kotoran dapat dihindari. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian alat pengering *natural convection* dengan tipe *unfixed flat bed* yang artinya pengering dengan aliran udara pengeringnya secara alami, dan tipe *bed* pengeringnya tidak tetap (bergerak). Pengujian termal alat pengering ditujukan untuk mengetahui kinerja termalnya yang meliputi analisis efisiensi termal dalam ruang pengering, dan juga waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan air dalam gabah. Kinerja termal menjadi penting dalam pengeringan karena berkaitan dengan transfer kalor.

DASAR 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.

Kinerja termal

Performansi pengeringan terdiri dari:

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

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

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

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

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

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

dimana :

- \dot{q}_p = laju energi panas penguapan (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 temperturnya (J/kg)
- m_a = massa awal material (kg)
- m_i = massa akhir material (kg)
- t = waktu pengeringan (s)

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

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

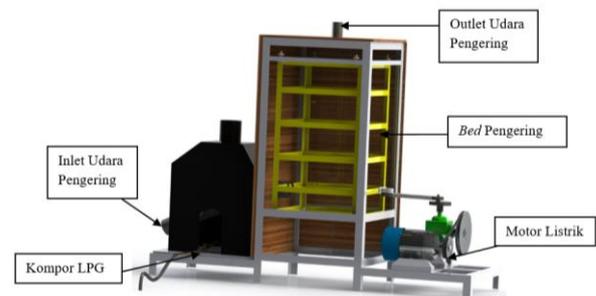
METODOLOGI PENELITIAN

Tahap Pengambilan Data

- Ukur massa material sebelum dimasukkan kedalam *bed* pengering untuk mendapatkan m_a .
- Masukkan material yang akan dikeringkan ke dalam *bed* pengering.
- Nyalakan motor listrik untuk menggerakkan *bed* pengering
- Nyalakan kompor LPG dengan bukaan yang konstan.
- 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_{mi} pada sisi inlet yang dilakukan setiap 10 menit.
- Proses pengujian dilakukan selama 4 jam

- Setelah proses pengujian selesai, selanjutnya diukur massa akhir dari material yang dikeringkan untuk mendapatkan m_i ,
- Data yang didapat selanjutnya di olah dengan menggunakan persamaan 1, 2, dan 3.

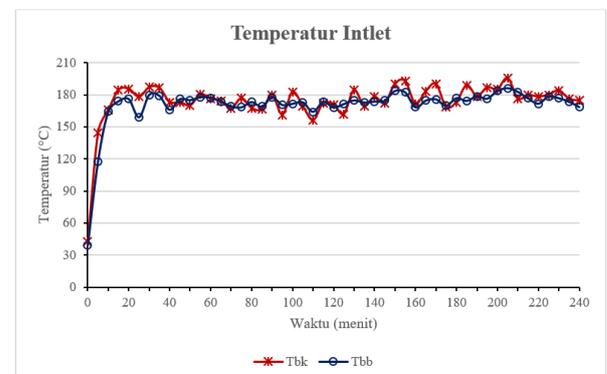
Spesifikasi alat: jumlah bed 4 tingkat, daya motor listrik yang digunakan ¼ Hp dengan putaran 1400 rpm, gearbox dengan rasio 1:60, sabuk yang digunakan V tipe A No. 27 dengan panjang = 686 mm, serta dua puli yang digunakan berdiameter 95 mm dengan poros berdiameter 12 mm yang terbuat dari bahan dengan $\sigma_B = 70,2 \text{ kg/mm}^2$



Gambar 1. Alat Pengering *Natural Convection* Tipe *Unfixed Flat Bed*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 dan 3 merupakan temperatur udara yang masuk dan keluar alat pengering. Temperatur ini diukur dengan menggunakan dua unit termokopel tipe K yaitu untuk mengukur temperatur bola basah dan temperatur bola kering. Temperatur bola basah diukur dengan menambahkan kain basah yang membungkus sensor termokopel, sedangkan temperatur bola kering diukur dengan tanpa membungkus sensor termokopel. Termokopel bola basah dapat digunakan untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam udara.



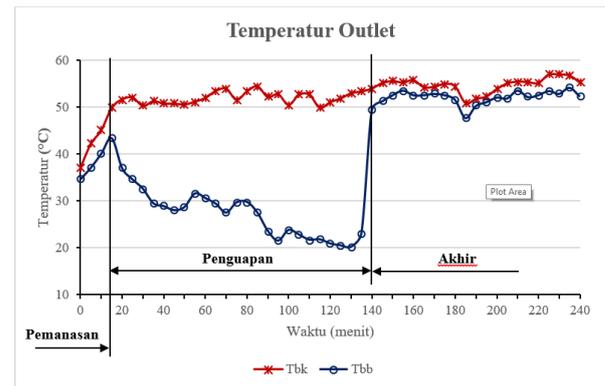
Gambar 2. Temperatur *Inlet*

Temperatur Inlet

Dari Gambar 2 dapat di lihat bahwa di awal proses terjadi peningkatan temperatur udara yang sangat drastis pada sisi inlet, hal ini sebagai indikasi mulai terjadinya proses pemanasan. Dalam proses pemanasan ini terjadi perpindahan kalor dari sumber panas yaitu kompor LPG menuju ke pipa inlet secara radiasi, kemudiankalor dipindahkan secara konduksi dari permukaan luar pipa inlet ke permukaan dalamnya, selanjutnya kalor dipindahkan secara konveksi dari permukaan dalam pipa inlet menuju ke udara yang ada didalam pipa inlet. Selanjutnya temperatur udara dalam pipa inlet meningkat, ketika temperatur udara meningkat, maka massa jenis udara menjadi turun dan udara akan bergerak ke atas menuju ke ruang pengering. Proses pemanasan ini berlangsung sekitar 20 menit. Selanjutnya temperatur udara masuk baik temperatur bola basah dan kering mengalami fluktuasi, hal ini disebabkan oleh pengaruh dari udara luar yang masuk ke dalam pipa inlet yang memiliki temperatur yang berubah-ubah, namun trend dari temperatur ini cenderung membentuk garis lurus. Hal yang menarik untuk di tinjau lebih lanjut adalah perbedaan antara temperatur bola basah dan kering yang terjadi pada sisi inlet, keduanya memiliki trend yang hampir sama, tidak ada perbedaan yang cukup signifikan diantara ke duanya. Hal ini menunjukkan bahwa udara yang masuk tidak terlalu banyak mengandung uap air, karena sudah dipanaskan terlebih dahulu oleh tungku pemanas sebelum masuk ke ruang pengering.

Temperatur Outlet

Gambar 3 merupakan gambaran temperatur yang terukur pada sisi outlet. Pola dari hasil pengukuran temperatur inlet dan outlet memiliki kesamaan pada temperatur bola kering, namun sangat berbeda dari segi besarnya. Dari segi besarnya, temperatur inlet jauh lebih besar dari temperatur outlet. Rata-rata temperatur bola kering inlet sebesar $176,38^{\circ}\text{C}$ sedangkan pada sisi outlet sebesar $52,82^{\circ}\text{C}$, hal ini disebabkan oleh udara pengering tidak seluruhnya keluar dengan temperatur yang sama seperti disaat masuk, tetapi energi kalor juga digunakan untuk menaikkan temperatur ruangan, sebelum menaikkan temperatur padi yang ada didalam ruang pengering, proses perpindahan kalor untuk meningkatkan temperatur ruang pengering sampai kondisi jenuh tercapai sekitar 15 menit di awal. Setelah kondisi jenuh tercapai selanjutnya adalah proses penguapan uap air yang terkandung dalam padi, proses ini terjadi dari menit ke-15 sampai menit ke-140. Hal ini dapat dilihat dari temperatur bola basah sisi outlet yang mengalami penurunan dari menit ke-15 sampai menit ke-140.



Gambar 3. Temperatur Outlet

Penurunan temperatur bola basah ini menjadi indikator semakin banyak uap air yang terkandung pada udara yang keluar ruang pengering. Uap air ini merupakan hasil dari penguapan uap air yang terkandung pada padi. Semakin banyak uap air yang terkandung pada udara, maka semakin basah kain yang membungkus termokopel, sehingga temperatur yang terukur semakin menurun. Selanjutnya dari menit ke 140 sampai selesai merupakan akhir dari proses ini. Karena sudah sedikit uap air yang terkandung dalam udara, yang mengindikasikan juga sudah sedikit uap air yang terkandung dalam padi. Trend dari grafik ini dapat dijadikan indikator untuk menentukan akhir dari proses pengeringan sebuah produk.

Waktu Pengeringan

Suatu parameter yang pertama kali dipikirkan ketika berbicara tentang proses pengeringan adalah berapa waktu pengeringannya, artinya waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan air yang terkandung dalam gabah. Ketika berbicara tentang waktu pengeringan, akan sangat erat kaitannya dengan proses yang terjadi saat penguapan air yang terkandung dalam padi. Proses penguapan ini merupakan proses perubahan fase dari air menjadi uap. Mekanisme yang terjadi saat proses penguapan didahului dengan proses pemanasan sampai pada temperatur jenuh air, selanjutnya akan terjadi proses perubahan fase dari air menjadi uap, setelah itu dilanjutkan dengan penguapan uap.

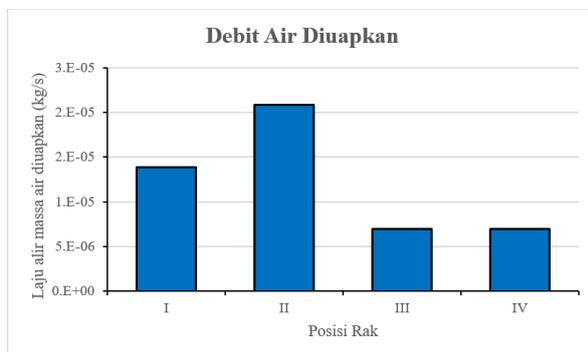
Proses pemanasan ini berlangsung kurang lebih selama 15 menit, karena energi kalor yang keluar dari sumber kalor relatif konstan. Selanjutnya dari menit ke-15 sampai menit ke-140 terjadi proses penguapan didalam bed pengering. Proses yang terjadi didalam bed pengering adalah perpindahan kalor secara 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 ruang melalui saluran outlet. Proses aliran ini terjadi secara alami karena penurunan massa jenisnya. Setelah itu temperatur bola basah

dan temperatur bola kering tidak mengalami perbedaan yang sangat besar, hal ini menjadi indikator bahwa proses penguapan sudah berakhir, dalam artian bahwa jumlah uap air yang akan diuapkan sudah menurun.

Dari penjelasan diatas dapat digarisbawahi bahwa waktu yang dibutuhkan selama proses pengeringan adalah sekitar 125 menit, proses ini tergantung dari energi yang masuk ke sistem, kadar air yang terkandung dalam gabah, dan kondisi lingkungan yang mempengaruhi temperatur udara pengering, serta proses isolasi untuk menciptakan sistem yang adiabatik. Proses isolasi yang berhubungan dengan *supply* dan penggunaan energi kalor tidak pernah sampai pada kondisi isolasi sempurna, hal inilah yang menyebabkan terjadinya kehilangan energi. Ketika terjadi kehilangan energi, maka waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan air menjadi lama.

Jumlah Air yang Menguap

Laju aliran massa air dalam padi yang menguap adalah besarnya massa air yang dirubah fasenya menjadi uap melalui proses pengeringan per satuan waktu, atau jumlah air yang menguap setiap detik. Cara yang ideal untuk mendapatkan hasil yang akurat dalam menentukan laju aliran massa air yang menguap adalah dengan mengukur perubahan massa dari padi setiap satuan waktu. Dalam penelitian ini setiap 10 menit seharusnya diukur perubahan massa dari gabah, tetapi menjadi suatu kendala jika hal tersebut dilakukan setiap 10 detik, karena setiap 10 menit akan membuka rak pengering sehingga menyulitkan dalam pengujian, disamping itu akan terjadi kehilangan energi yang lebih besar. Hal tersebut tidak dikehendaki, oleh karena itu ada suatu data yang dapat digunakan sebagai metoda untuk mengetahui jumlah air dalam padi yang menguap yaitu dengan melihat temperatur bola basah dan temperatur bola kering di sisi outlet seperti pada Gambar 4.



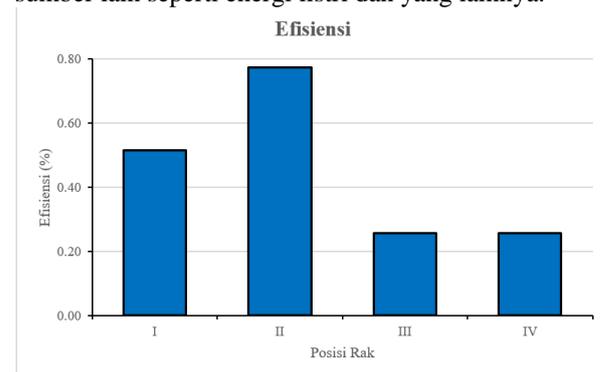
Gambar 4. Debit Air yang Menguap

Perbedaan nilai antara temperatur bola basah dan temperatur bola kering dapat dijadikan indikator laju penguapan yang terjadi didalam bed pengering. Semakin tinggi perbedaan temperatur

bola basah dan temperatur bola kering, maka semakin banyak air yang menguap, sehingga semakin besar laju aliran massa air yang menguap. Debit air yang diuapkan paling tinggi terjadi pada loyang ke-2 (posisi tingkatan ke-2 dari bawah), kemudian pada loyang ke-1 (posisi loyang paling bawah), sedangkan loyang ke-3 dan ke-4 memiliki kesamaan debit air dalam padi yang menguap. Hal ini diprediksi karena posisi loyang 1 dan 2 lebih dekat dengan saluran masuk sehingga semakin banyak energi yang dapat dimanfaatkan untuk menguapkan air.

Efisiensi Termal

Efisiensi termal sistem adalah suatu parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui performansi suatu alat pengering. 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, sedangkan energi masuk adalah hanya dari energi kalor yang masuk dari sisi inlet, tidak ada energi inputan dari sumber lain seperti energi listrik dan yang lainnya.



Gambar 5. Efisiensi Termal

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa efisiensi pada loyang II memiliki nilai yang tinggi, selanjutnya loyang I, sedangkan loyang 3 dan 4 memiliki efisiensi termal yang sama. Trend dari efisiensi termal ini sangat mirip dengan Gambar 4, hal ini dikarenakan oleh energi masuk yang cenderung konstan, sehingga yang paling dominan berpengaruh terhadap efisiensi termal adalah energi penguapan.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian diketahui bahwa dengan energi masuk sebesar 6,396 kW diperlukan waktu 125 menit untuk menguapkan air yang ada dalam gabah, dengan efisiensi termal tertinggi pada rak ke-2 dari bawah.

SARAN

Posisi rak yang dekat dengan saluran inlet memiliki efisiensi termal yang paling tinggi, oleh karena itu dalam penelitian selanjutnya perlu untuk memodifikasi alat pengering ini agar distribusi kalornya merata. Disamping itu perlu dikembangkan riset untuk mengetahui kemiringan saluran inlet yang optimum untuk dapat menguapkan air yang terkandung dalam padi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dana penelitian ini bersumber DIPA Politeknik Negeri Banyuwangi tahun 2018, oleh karena itu, dalam kesempatan ini disampaikan ucapan terimakasih kepada Direktur dan Ketua P3M Politeknik Negeri Banyuwangi atas dukungan program dan finansialnya. Begitu juga kepada Mas Arofi (Teknisi Mesin) yang sudah membantu dalam perancangan, serta segenap mahasiswa Mesin Poliwangi (Mas Hery, Mas Rohmat, Mas Ulum, Mas Mu'min) yang sudah membantu sehingga penelitian ini bisa terselenggara dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adi, R.N, Nafiah A, Suherma, Ratnawati, 2013, *Penggunaan Teknologi Pengering Unggun Terfluidisasi untuk Meningkatkan Efisiensi Pengeringan Tepung Tapioka*, Jurnal Teknologi Kimia Industri, Vol. 2, No. 3, Hal. 37-42
- [2] B. R. Munson, D. F. Young, T. H. Okiishi, 2002, *Fundamental of Fluid Mechanics*, edisi 4, John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Badan Pusat Statistik (BPS) Banyuwangi diakses dari <https://www.banyuwangikab.bps.go.id/statictable/2015/02/04/90/luas-panen-produksi-dan-produktivitas-tanaman-padi-2008-2015.html>, diakses pada tanggal 25 Mei 2018 pada jam 20.00 WIB
- [4] 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
- [5] 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
- [6] 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