

# Performansi Pengereng Ikan Aliran Alami memanfaatkan Energi Kombinasi Kolektor Surya dan Tungku Biomassa

Made Ricki Murti

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bali.

email : [ricki.murti@me.unud.ac.id](mailto:ricki.murti@me.unud.ac.id)

---

## Abstrak

Dalam proses pengeringan biasanya digunakan kondisi aliran paksa. Energi yang dimanfaatkan sebagai pengering biasanya hanya berupa satu jenis energi. Dengan demikian maka dilakukan penelitian pada sistem pengering aliran alami dengan menggunakan cerobong. Energi yang dimanfaatkan sebagai pengering adalah energi surya dan biomassa yang dapat digunakan secara bersamaan atau salah satu bergiliran sesuai dengan kebutuhan dan keadaan. Telah dilakukan pengujian sebuah prototipe pengering aliran alami memanfaatkan kombinasi energi kolektor surya dan tungku biomassa. Pengujian dilakukan tiga kali proses dengan melakukan pengukuran pada: temperatur udara saluran masuk tungku biomassa, temperatur udara saluran keluar dari tungku biomassa, temperatur udara saluran masuk kolektor surya, temperatur udara saluran keluar kolektor surya, temperatur udara masuk ke ruang pengering, temperatur udara keluar dari ruang pengering, kadar air material yang dikeringkan, dan intensitas radiasi matahari. Pengambilan data dilakukan pada tiap-tiap selang waktu 30 menit selanjutnya dilakukan pengolahan terhadap data-data tersebut sehingga didapatkan unjuk kerja sistem, selanjutnya dibuat bentuk grafik performansi terhadap waktu. Hasil yang didapatkan adalah berupa waktu pengeringan yang dicapai untuk satu kali proses pengeringan adalah 7,5 jam, efisiensi kolektor surya rata-rata sebesar 54.4%, efisiensi tungku biomassa rata-rata 12.57%, efisiensi pengeringan rata-rata 22%, dan efisiensi total sistem pengeringan rata-rata 2,8%.

**Kata Kunci :** energi kombinasi, kondisi aliran alami, efisiensi kolektor surya, efisiensi tungku biomassa, efisiensi pengeringan, dan efisiensi total sistem pengeringan.

## Abstract

In a drying process usually used forced flow condition. The energy used a dryer is usually only a single type of energy. Thus, the study is conducted on the natural flow dryer system by using the chimney. The energy used as a dryer is solar energy and biomass that can be used simultaneously or one turns in accordance with the needs and circumstances. Has done testing of a prototype natural flow dryers utilize a combination of solar collectors energy and biomass furnace. Testing is done three times a process by measuring the following: the inlet air temperature of the biomass furnace, the outlet air temperature of the biomass furnace, the inlet air temperature of the solar collector, the outlet air temperature of the solar collector, air temperature into the drying chamber, air temperature out of the drying chamber, the mass decreasing of dried material, and the intensity of solar radiation. Data were collected at each interval of 30 minutes was followed by processing of these data to obtain system performance, then made in the form of performance versus time graph. Results obtained in the form of drying time is achieved for one-time drying process is 7.5 hours, the average Solar collector efficiency is 54.4%, the average biomass furnace efficiency is 12.57%, the average drying efficiency is 22%, and the average system total efficiency is 2.8%.

**Keywords :** energy combination, natural flow condition, solar collector efficiency, biomass furnace efficiency, drying efficiency, and the total efficiency of drying system.

---

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia dengan wilayah dan lautan yang sangat luas mampu menghasilkan ikan dalam jumlah yang sangat besar. Dengan demikian dituntut adanya proses pengawetan agar ikan-ikan yang dihasilkan tidak membusuk sampai di tangan konsumen. Proses pengawetan yang kita kenal selama ini dan umum dilakukan adalah dengan: pengasinan, pengeringan, pemindangan, pemanisan, dan pendinginan. Belakangan ini banyak ditemukan proses pengawetan menggunakan bahan formalin yang sangat berbahaya bagi kesehatan.

Salah satu jenis pengawetan yang baik tanpa bahan kimia adalah dengan pengeringan. Selain

untuk pengawetan maka proses pengeringan juga diperlukan sebelum bahan diolah lebih lanjut. Pengeringan dengan cara tradisional dengan menjemur langsung terkena sinar matahari memiliki beberapa kekurangan, antara lain membutuhkan waktu yang cukup lama, tempat yang luas karena material tidak dapat ditumpuk dan proses pengeringan yang sangat tergantung pada kondisi cuaca. Maka dari itu munculah model – model alat pengering yang dapat membantu mempercepat proses pengeringan. Telah dilakukan penelitian oleh beberapa peneliti tentang proses pengeringan seperti:

Sarma, V.K, Colangelo, A, dan Spagna, G, (2002) melakukan eksperimen pengering surya untuk

buah-buahan dan sayur-sayuran. Pengeringan ini membandingkan antara proses aliran alami (*natural flow*) dengan proses aliran paksa (*force flow*). Hasil penelitian ini adalah bahwa laju pengeringan dengan proses aliran paksa (*force flow*) lebih tinggi dibandingkan proses aliran alami (*natural flow*), tetapi biaya operasionalnya sangat tinggi karena menggunakan listrik sebagai penggerak blower untuk mengalirkan secara paksa udara pengering.

Sarno, R dan Sarwono, (2004) melakukan pengembangan pengering bawang merah kemudian dijadikan bawang goreng sebagai bumbu instan untuk dipasarkan di Nganjuk, bekerjasama Pemda Nganjuk telah membuat alat pengering bawang merah. Hasil penelitian tersebut mampu memberikan sumbangan pengetahuan bagi masyarakat Nganjuk dan mampu menambah kreativitasnya.

Puji Widodo dan Agung hendriadi, (2004) telah melakukan penelitian pengeringan melalui pengembangan dengan membandingkan kinerja (performansi) pengering jagung tipe bak datar antara model segiempat dan silinder. Dari hasil penelitian didapatkan hasil bahwa pola penurunan kadar air menggunakan model silinder lebih cepat daripada menggunakan model segiempat. Laju pengeringan menggunakan model silinder 1,1%/jam sedangkan laju pengeringan model segiempat 0,77%/jam. Dan efisiensi termal sistem model silinder 19,64% dan efisiensi termal sistem model segiempat 17,00%.

Satrijo Salwoko dan Junaedi, M, (2004) telah melakukan pengembangan teknologi pengeringan. Dari hasil uji dengan prototipe oven menunjukkan bahwa penggunaan alat oven pada tingkat pemanasan temperatur 50°C selama 6 jam sudah mampu memberikan produk tepung jagung dengan kadar air, warna, ukuran butir dan PH yang telah memenuhi standar perdagangan.

Sumarsono, (2005) meneliti perilaku kadar air daun nilam menggunakan proses pengeringan *rotary* dengan *tray dryer*. Penelitian ini membahas tentang laju perubahan kadar air nilam pada proses pengeringan dengan memvariasikan laju aliran udara pengering. Hasil yang didapatkan adalah *tray* yang berada pada posisi paling bawah menghasilkan laju pengeringan paling cepat. Dari variasi terhadap laju aliran massa maka hasil yang didapatkan adalah bahwa semakin tinggi laju aliran massa udara pengering menyebabkan laju pengeringan semakin meningkat.

Uning Budiharti, Harsono, dan Puji Widodo, (2005) telah melakukan usaha perbaikan kinerja pengeringan dengan pengering tipe semprot pada lidah buaya melalui modifikasi sistem penyaluran bahan, pemanas dan penyaluran produk. Tujuannya adalah untuk produk tepung lidah buaya. Hasil yang didapatkan adalah prototipe awal menghasilkan kapasitas produksi 1 liter/jam dan randemen 0,7. Kapasitas produksi setelah modifikasi meningkat menjadi 1,5 liter/jam dan randemen 1,1%.

Sumardi HS, N Komar, dan Ngatiyaning-tiyas, STP, (2006) melakukan pengujian pengering energi surya tipe MD-K3 untuk pengeringan kerupuk. Setelah diuji didapatkan hasil yaitu efisiensi pengeringan berkisar antara 13,13% - 21,20%.

Ricki Murti Made, (2007), Telah melakukan penelitian pengeringan melalui pengujian prototipe untuk pengeringan ikan tuna dengan memanfaatkan panas pembakaran limbah tempurung kelapa. Ikan tuna dipotong-potong secara melintang dan dikeringkan. Didapatkan waktu pengeringan selama 6 jam, dengan efisiensi termal sistem pengeringan rata-rata sebesar 20,07%.

Cepatnya proses pengeringan sangat tergantung pada energi dan laju aliran massa udara yang diberikan kepada sistem pengering tersebut. Pada penelitian ini dilakukan pengujian pada sebuah prototipe pengering menggunakan kombinasi dua energi: energi surya dan energi biomassa. aliran alami memanfaatkan cerobong sebagai pengalir udara pengering.

Pada penelitian ini digunakan cerobong dengan ketinggian puncak 4m untuk mengalirkan udara pengering melintasi material yang dikeringkan. Pengujian ini membahas tentang performansi pengering yang meliputi efisiensi kolektor surya surya, efisiensi tungku biomassa, efisiensi pengeringan, dan efisiensi total sistem pengeringan.

## 2. DASAR TEORI

Pada proses pengeringan terjadi dua macam proses utama yaitu : perpindahan panas dan perpindahan massa. permasalahan yang utama pada pengeringan adalah mengurangi kadar air pada material sampai batas yang diinginkan. Udara panas yang berasal dari kolektor surya dan tungku biomassa dialirkan melalui tumpukan material pada rak pengering. Udara panas tersebut menguapkan air berupa panas latent dan menaikkan temperatur material berupa panas sensibel.

Exell, RHB, (1991) telah banyak memberikan sumbangan terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi pengering. Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan kolektor surya untuk hasil-hasil pertanian. Exell telah banyak memberikan sumbangan tentang teori pokok proses pengeringan.

Incropera, Frank P and De Witt, David P, (2008) mendefinisikan perpindahan panas dan perpindahan massa. Perpindahan panas adalah suatu perpindahan energi panas pada suatu media yang diakibatkan oleh perbedaan temperatur (gradient temperatur). Sedangkan perpindahan massa adalah perpindahan massa pada suatu media yang diakibatkan oleh adanya perbedaan konsentrasi molar suatu spesies pada media tersebut.

Perpindahan panas konduksi merupakan perpindahan energi panas yang terjadi di dalam media padat atau fluida yang diam sebagai akibat dari perbedaan temperatur. Hal ini merupakan perpindahan energi dari partikel yang lebih energetik

ke partikel yang kurang energetik pada benda akibat interaksi antar partikel-partikel. Persamaan untuk menghitung laju konduksi dikenal dengan Hukum Fourier sebagai berikut :

$$q_{konv} = -kA(dT/dx) \quad (W) \quad (1)$$

dimana :  $k$  = konduktivitas termal bahan (W/m.K),  $dT$ = beda temperature antara permukaan (K),  $dx$  = jarak perpindahan panas (m),  $A$ = luasan permukaan tegak lurus arah perpindahan panas ( $m^2$ ), dan tanda minus (-) adalah menyatakan bahwa perpindahan panas dari media bertemperatur tinggi menuju ke media bertemperatur rendah.

Perpindahan panas konveksi adalah suatu perpindahan panas yang terjadi antara suatu permukaan benda padat dan fluida yang mengalir akibat adanya perbedaan temperatur. Persamaan untuk menghitung laju perpindahan panas konveksi dikenal dengan hukum pendinginan Newton (Newton's law of cooling) yang dirumuskan sebagaiberikut :

$$q_{konv} = hA(T_s - T_\infty) \quad (W) \quad (2)$$

dimana:  $h$  = koefisien konveksi (W/m<sup>2</sup>K),  $A$ = luasan permukaan perpindahan panas ( $m^2$ ),  $T_s$  = temperatur permukaan benda padat (K),  $T_\infty$  = temperatur fluida yang mengalir (K).

Perpindahan panas Radiasi adalah suatu perpindahan panas yang terjadi secara pancaran gelombang elektromagnetik dari suatu permukaan benda. Laju perpindahan panas radiasi netto dapat dihitung dengan persamaan sebagaiberikut:

$$q_{Radiasi} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A (T_s^4 - T_{Surr}^4) \quad (W) \quad (3)$$

dimana:  $\sigma$  =Konstanta Stefan-Bolzmann  $5,67 \cdot 10^{-8}$  (W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>),  $\epsilon$  = emisivitas permukaan media,  $A$ =luas permukaan perpindahan panas ( $m^2$ ),  $T_s$  = temperatur permukaan benda padat (K),  $T_{Surr}$  = temperatur surrounding(K).

Perpindahan massa didefinisikan sebagai perpindahan massa pada suatu media ke media lain yang diakibatkan oleh adanya perbedaan konsentrasi molar suatu spesies antara kedua media tersebut. Perpindahan massa konveksi dari suatu permukaan material menuju udara yang mengalir dirumuskan sebagaiberikut:

$$N_a = h_m A (C_{AS} - C_{A\infty}) \quad (kmol/s) \quad (4)$$

dimana:  $h_m$ = koefisien perpidahan massa konveksi (m/s),  $A$ = luasan permukaan perpindahan massa ( $m^2$ ),  $C_{AS}$  = konsentrasi molar spesies dipermukaan benda padat (kmol/m<sup>3</sup>),  $C_{A\infty}$  = konsentrasi molar spesies pada fluida yang mengalir (kmol/m<sup>3</sup>).

Duffie, John A and Backman, William A, (1996) menyatakan performansi sistem pengeringan sebagaiberikut: laju pengeringan adalah penurunan kadar air terhadap waktu  $\dot{M}_w = M_w / dt$  dalam(kg/s).

Laju energi panas berguna yaitu jumlah energi kalor yang dipergunakan untuk menguapkan massa air pada material persatuan waktu, dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$q_u = q_{evap} = \dot{M}_w \cdot L_h \quad (W) \quad (5)$$

dimana  $L_h$  adalah panas latent penguapan(kJ/kg).

Laju energi panas yang memasuki ruang pengering yaitu terdiri dari energi yang dihasilkan kolektor surya dan tungku biomassa dirumuskan:

$$q_{In} = \dot{m}_1 \cdot C_{p1} T_1 + \dot{m}_2 C_{p2} T_2 \quad (W) \quad (6)$$

Effisiensi kolektor yaitu perbandingan antara energi udara panas yang dihasilkan oleh kolektor dengan panas masuk kolektor yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta_K = (q_{Ukol} / q_{InKol}) \times 100\% \quad (\%) \quad (7)$$

Effisiensi tungku biomassa merupakan perbandingan antara energi udara panas yang dihasilkan oleh tungku biomassa dengan panas pembakaran massa biomassa berupa LHV(Low heating value) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta_{TB} = (q_{TB} / m.LHV) \times 100\% \quad (\%) \quad (8)$$

Effisiensi pengeringan yaitu perbandingan antara energi panas berguna (energi penguapan) dengan energi panas yang memasuki ruang pengering(energi kolektor + energi tungku biomassa) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta_P = q_{USE} / (q_{Ukol} + q_{TB}) \times 100\% \quad (\%) \quad (9)$$

Effisiensi termal total sistem pengeringan yaitu perbandingan antara energi panas berguna dengan laju energi panas yang memasuki kolektor surya ditambah energi yang masuk tungku biomassa yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta_T = [q_{USE} / (q_{InKol} + m.LHV)] \times 100\% \quad (\%) \quad (10)$$

Nilai kalor bahan bakar biomassa didefinisikan sebagai energi panas yang dilepaskan pada saat oksidasi unsur-unsur kimia yang terdapat pada bahan bakar. Panas pembakaran dari suatu bahan bakar adalah panas yang dihasilkan dari pembakaran sempurna bahan bakar pada volume konstan. Panas pembakaran dari bahan bakar dapat dinyatakan dalam *Higher Heating Value* (HHV) dan *Lower Heating Value* (LHV). HHV adalah nilai panas pembakaran dari bahan bakar yang di dalamnya masih termasuk panas latent dari uap air hasil pembakaran. Nilai panas dari unsur karbon, hidrogen, dan sulfur dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

HHV = 33950 C + 144200 ((H<sub>2</sub> - O<sub>2</sub>) / 8) + 9400 S dalam satuan(kJ/kg) atau dalam satuan(Btu/lb):

HHV = 14544 C + 62028 ((H<sub>2</sub> - O<sub>2</sub>) / 8) + 4050 S.

LHV merupakan panas pembakaran bahan bakar setelah dikurangi panas latent dari uap hasil pembakaran, sehingga :

LHV = HHV - L<sub>h</sub> · H<sub>2</sub>O (kcal/kg) atau ditulis

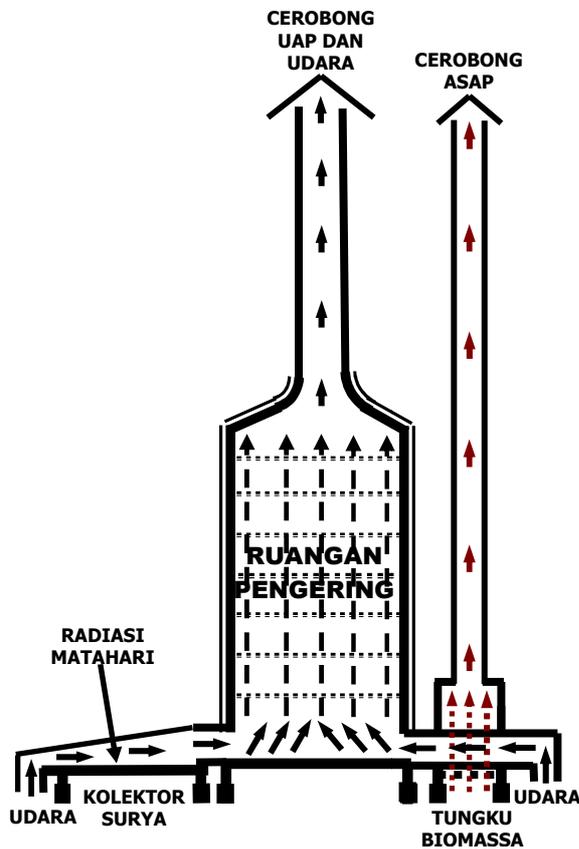
LHV = HHV - (92,7 · total hydrogen) (11)

dimana : L<sub>h</sub> = panas latent penguapan H<sub>2</sub>O = 600 kcal/kg H<sub>2</sub>O = 2400 kJ/kg H<sub>2</sub>O

### 3. METODE PENELITIAN

Telah dilakukan pengujian pada prototipe pengering dan dilakukan pengambilan data dengan selang waktu 30 menit. Pengukuran

dilakukan pada variabel meliputi: temperatur udara saluran masuk tungku biomassa, temperatur udara saluran keluar dari tungku biomassa, temperatur udara saluran masuk kolektor surya, temperatur udara saluran keluar kolektor surya, temperatur udara masuk ke ruang pengering, temperatur udara keluar dari ruang pengering, kadar air material yang dikeringkan, dan intensitas radiasi matahari.



**Gambar 1.** skematik pengering ikan aliran alami kombinasi energi kolektor surya dan tungku biomassa

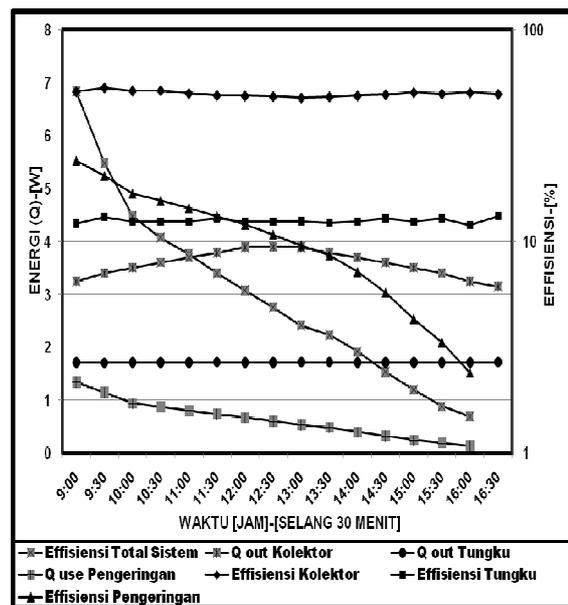
Prototipe pengering yang diuji seperti terlihat gambar 1 yaitu skematik prototipe pengering ikan aliran alami kombinasi energi kolektor surya dan tungku biomassa. Gambar 2. adalah prototipe pengering Ikan aliran alami kombinasi energi kolektor surya dan tungku biomassa yang diuji.

Setelah dilakukan pengujian sebanyak tiga kali, dan setelah data didapatkan lengkap maka selanjutnya data tersebut diolah sampai didapatkan variabel-variabel sebagai unjuk kerja (performansi) berupa efisiensi kolektor surya, efisiensi tungku biomassa, efisiensi pengeringan, dan efisiensi total sistem pengeringan. Selanjutnya hasil berupa variabel performansi tersebut dituangkan dalam suatu grafik performansi terhadap waktu sehingga lebih mudah melakukan pembahasan.



**Gambar 2.** Prototipe pengering ikan aliran alami kombinasi energi kolektor surya dan tungku biomassa

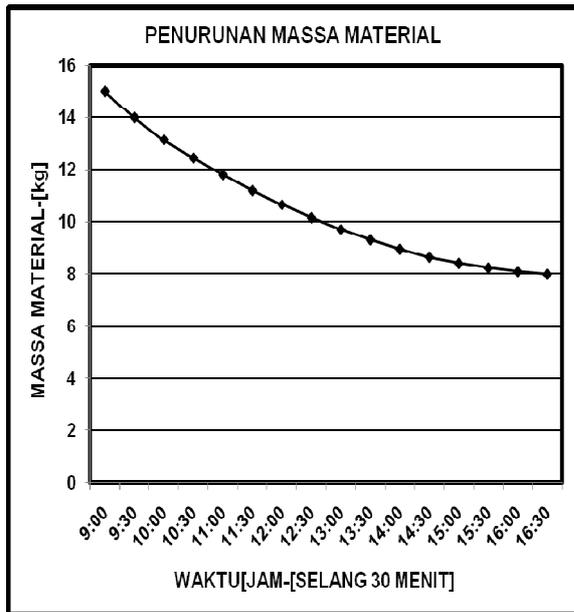
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN



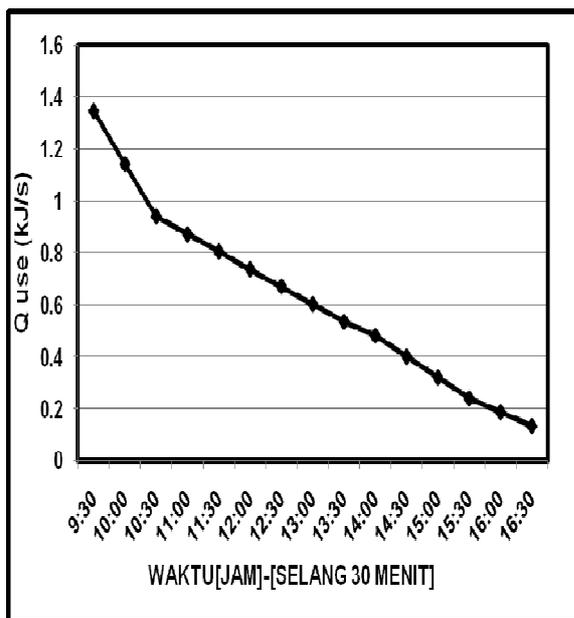
**Gambar 3.** Grafik energi dan efisiensi sistem terhadap waktu

Terlihat bahwa efisiensi total sistem pengeringan mengalami penurunan terhadap waktu, dikarenakan bahwa efisiensi pengeringan merupakan fungsi dari energi berguna sistem. Energi berguna pada sistem pengeringan selalu mengalami penurunan terhadap waktu sebab energi berguna merupakan fungsi dari penurunan kadar air pada material. Penurunan kadar air pada material mengalami penurunan terhadap waktu dikarenakan kandungan air pada material semakin menurun

terhadap waktu, dengan demikian proses penguapan air menjadi semakin kecil terhadap waktu.



Gambar 4. Grafik kadar air pada material yang dikeringkan terhadap waktu

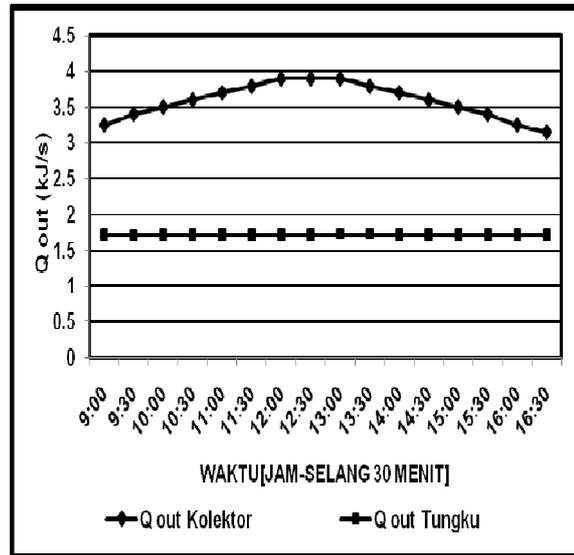


Gambar 5. Grafik energi berguna(use)pengeringan terhadap waktu

Energi berguna merupakan fungsi dari panas latent penguapan air pada material sehingga dengan adanya penurunan penguapan air pada material maka kondisi energi berguna mengalami penurunan, walaupun energi masuk sistem pengeringan tidak mengalami penurunan atau dalam keadaan konstan.

Energi yang mampu dihasilkan oleh tungku biomassa berupa udara panas yang disuplai ke ruang pengeringan adalah kecil, karena luas permukaan perpindahan panas sangat kecil sehingga laju perpindahan panas yang terjadi sangat kecil. Jadi

pada tungku biomassa terjadi losses yang sangat besar sehingga perlu diminimalis lagi. Dengan kecilnya energi panas(energi berguna tungku) yang ada pada fluida(udara) yang mengalir menuju ruang pengeringan maka berarti berdampak pada efisiensi tungku biomassa. Efisiensi tungku biomassa kecil berarti terjadi losses yang besar, yaitu losses panas yang terbuang bersamaan dengan gas pembakaran.



Gambar 6. Grafik energi keluar kolektor dan keluar tungku terhadap waktu

Energi udara panas yang dihasilkan oleh kolektor surya adalah lumayan besar karena radiasi yang mampu menembus kaca penutup kolektor terserap dengan baik dan yang terpantulkan menjadi terhalangi oleh kaca penutup, sehingga radiasi seolah-olah terjebak dalam sistem kolektor ini. Dengan kecilnya losses yang terjadi pada sistem kolektor mengakibatkan efisiensi kolektor surya menjadi lumayan besar. Walaupun efisiensi kolektor merupakan perbandingan antara energi berguna kolektor dengan laju intensitas radiasi matahari maka tidak berarti dengan menurunnya intensitas mengakibatkan menurunnya efisiensi kolektor. Sehingga efisiensi kolektor tidak mengalami penurunan dengan menurunnya intensitas matahari.

Efisiensi pengeringan selalu mempengaruhi efisiensi total sistem pengeringan, karena efisiensi pengeringan dan efisiensi total sistem pengeringan adalah menggunakan energi berguna yang sama, yaitu energi berguna yang berupa energi panas latent pada penguapan air pada material yang dikeringkan. Tetapi efisiensi pengeringan selalu lebih besar dibandingkan dengan efisiensi total sistem pengeringan. Sehingga efisiensi total sistem sangat kecil, karena merupakan perkalian antara efisiensi dari sub-sub sistem yang merupakan bilangan pecahan yang harganya lebih kecil dari satu sehingga hasil perkaliannya menjadi bertambah kecil.

Yang mampu memberikan suplai energi udara pengering lebih besar antara kolektor dengan

tungku biomassa adalah justru dari kolektor surya. Kolektor surya yang digunakan adalah menggunakan luas permukaan penyerap lumayan besar yaitu 4 m<sup>2</sup> sehingga mampu mensuplai energi lebih besar. Disamping karena kolektor surya yang luas juga dikarenakan oleh massa biomassa yang dibakar sangat kecil dan losses energi panas pada tungku sangat besar sehingga tungku biomassa hanya mampu mensuplai energi yang kecil. Tetapi jika massa bahan bakar biomassa diperbesar (biomassanya ditambah) maka energi panas yang masuk tungku biomassa menjadi besar kemudian luas permukaan perpindahan panas diperbesar sehingga losses energi dari tungku dapat diperkecil dan energi yang dihasilkan tungku berupa energi udara panas menjadi meningkat atau lebih besar.

Pada sistem pengeringan aliran alami dimana aliran udara pengeringnya disebabkan oleh adanya penurunan tekanan yang dihasilkan oleh cerobong. Aliran alami memiliki kecepatan aliran yang sangat rendah sehingga laju aliran massa udara adalah sangat rendah juga sangat berpengaruh pada waktu pengeringan.

## 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Efisiensi pengeringan adalah mengalami penurunan terhadap waktu, sebab merupakan fungsi dari energi berguna.

Energi berguna dalam suatu sistem pengeringan selalu mengalami penurunan terhadap waktu dikarenakan penurunan kadar air pada material mengalami penurunan terhadap waktu.

Efisiensi total sangat kecil karena merupakan perkalian antara efisiensi dari sub-sub sistem yang merupakan bilangan pecahan.

### 5.2. Saran

Karena keterbatasan waktu maka kami dapat sarankan untuk penelitian selanjutnya dilakukan pengujian dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Duffie, John A. And Beckman, William A, (1996), *Solar Engineering and Thermal Processes*, John Wiley & Sons, fourth Edition.
- [2] Exell, R.H.B, (1991), *Basic Design Theory for Solar Dryer*, *Renewable Energy Review Journal*, Vol. 5, No. 1.
- [3] Figueiredo. A.R and Fohr. J.P, (2004), *Agricultural Solar Air Collector Design and Performance*, *The Journal of Solar Energy Science and Technology*, V 38, No. 5.hal 50-57
- [4] Icropera, Frank P. And De Witt, David P, (2008), *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons, Sixth Edition.
- [5] Puji Widodo dan Agung Hendriadi, (2004), *Perbandingan Kinerja Mesin Pengering*

- Jagung Tipe Bak Datar Model Segiempat dan Silinder, *Jurnal Enjiniring Pertanian*, Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian.
- [6] Sarno, Riyanto dan Sarwono, (2004), *Pengembangan Alat Pengering Bawang Merah dan Produk Olahhan (Bawang Merah Goreng dan Bumbu Instans) Serta Pemasarannya di Kabupaten Nganjuk*, *Jurnal Saint dan Teknologi BPPT*, Pustaka Iptek.
- [7] Satrijo Salwoko dan Junaedi M, (2004), *Pengembangan Teknologi Pengeringan dan Penepungan jagung*, *Jurnal Himpunan Politeknik Negeri Indonesia*, Vol. III, No. 1.halaman 32-40
- [8] Sharma V K, Colangelo,A and Spagna, G (2002), *Experimental Investigation of Different Solar Dryer Suitable for Fruit and Vegetable*, *The Journal of Solar Energy Science and Technology*, V.6, No. 4.
- [9] Sumardi HS, N. Komar dan Ngatiyaningtyas, STP, (2006), *Uji Performansi Alat Pengering Energi Surya Tipe MD-K3 Pada Pengeringan Krupuk*, *Jurnal Teknik*, Fakultas Teknik, Univ. Brawijaya, April.
- [10] Sumarsono, (2005), *Perilaku Kadar Air Daun Nilam Hasil Pengeringan Secara Rotasi dengan Tray Dryer*, *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia*, Vol 7, No. 1, halaman. 59-67.
- [11] Uning Budiharti, Harsono, dan Puji Widodo, (2005), *Perbaikan Kinerja Mesin Pengering Semprot untuk Lidah Buaya, Melalui Modifikasi Sistem Penyaluran Bahan, Pemanas dan Penyaluran Produk*, *Jurnal Enjiniring Pertanian*, Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian.
- [12] Ricki Murti, Made, (2007), *Pemanfaatan Panas Pembakaran Limbah Tempurung Kelapa sebagai Pengering Ikan Upaya Pengawetan*, Penelitian dengan dana Dirjen Dikti, Jakarta.