

---

---

## **KAJIAN PINDAH PANAS TUNGKU BIOMASSA DAN HEAT EXCHANGER PADA ALAT PENGERING HYBRID BERBAHAN BAKAR LIMBAH BIOMASS**

*Heat Transfer Study on Biomass Furnace and Heat Exchanger of Biomass Waste Hybrid Type Dryer*

Oleh :

**Guyup Mahardhian Dwi Putra<sup>1</sup>, Diah Ajeng Setiawati<sup>1</sup>, Sri Hartini<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan Dan Agroindustri  
Universitas Mataram

<sup>2</sup> Alumni mahasiswa Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor  
E-mail : guyup.mahardhian@yahoo.co.id

### **ABSTRACT**

*Objective of this research was to conduct performance test on additional heat system of Green House Effect (ERK) dryer type. Experimental research methodology was conducted by analyzing heat losses on wall furnaces, bottom of furnace, ventilation of furnace, and analyzing heat received by greenhouse from heat exchanger. The experimental result showed that the greatest heat losses occurred on wall furnace as much as 79.41% and the drying process efficiency of furnace system and heat exchanger as much as 14.48%.*

*Keywords: biomass furnace, heat exchanger, efficiency*

### **ABSTRAK**

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan uji kinerja pada sistem pemanas tambahan pada alat pengering ERK. Metodologi yang dilakukan adalah dengan melakukan penelitian eksperimental dengan menganalisis kehilangan panas pada dinding tungku, kehilangan panas pada dasar tungku, kehilangan panas pada lubang udara tungku dan menganalisis panas yang diterima rumah kaca dari pipa *heat exchanger*. Hasil dari penelitian ini diperoleh kehilangan panas terbesar terdapat pada dinding tungku sebesar 79,41 % dan nilai efisiensi sistem tungku dan HE proses pengeringan sebesar 14.48%.

Kata kunci : tungku biomassa, *heat exchanger*, efisiensi

### **PENDAHULUAN**

Salah satu alat pengering yang menggunakan energi surya adalah pengering tipe Efek Rumah Kaca (ERK). Keuntungan dari tipe pengering ini adalah desain yang tidak terlalu rumit, pengoperasian yang sederhana, bahan pembuatan alat yang mudah diperoleh, dan produk tidak terkontaminasi oleh benda asing (Nelwan,1997). Pada prakteknya pengering ini juga mempunyai kekurangan yaitu radiasi surya yang sampai ke permukaan bumi sangat bergantung pada waktu dan cuaca. Untuk mengatasi masalah tersebut maka pengering ini perlu diberi pemanas tambahan sehingga alat pengering ini dapat digunakan kapan saja dan tidak bergantung pada cuaca dan dapat

dioperasikan malam hari. Usaha yang umum digunakan adalah dengan penggunaan pemanas tungku biomassa. Penggunaan biomassa sebagai bahan bakar berdasarkan atas beberapa pertimbangan, yaitu nilai ekonomisnya rendah namun memiliki nilai kalor yang tinggi, murah dan mudah didapat karena biomassa banyak dijumpai dimana saja, contohnya limbah pertanian. Pada penelitian ini bahan bakar yang digunakan berupa kayu. Menurut Wijaya 2007, kayu dengan nilai kalor berkisar 18799,10 kJ/kg menghasilkan energi cukup besar untuk menyuplai energi pengeringan. terutama pada malam hari

**METODOLOGI PENELITIAN**

Perpindahan panas akibat pembakaran bahan bakar terjadi secara konduksi, konveksi dan radiasi. Pada keadaan mantap (*steady state*), kehilangan panas dari hasil pembakaran terjadi melalui permukaan dinding tungku dan melalui saluran udara serta gas-gas hasil pembakaran, sedangkan untuk aliran kalor merupakan gabungan proses konduksi, konveksi dan radiasi serta dapat dinyatakan dengan koefisien pindah panas menyeluruh (Holman, 1981).



**Gambar 1.** Desain Tungku Biomassa

Kehilangan panas pada dinding tegak tungku didekati dengan persamaan (Holman, 1981):

$$QL_1 = (hA(T_d - T_l)) + (\sigma A \epsilon (T_d^4 - T_l^4)) \quad (1)$$

$$Ra = Gr Pr \quad (2)$$

$$Gr = \frac{g \beta L^3 \Delta T}{\nu^2} \quad (3)$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad (4)$$

$$T_f = \frac{T_d + T_l}{2} \quad (5)$$

Kehilangan panas pada dinding dasar tungku ( $QL_2$ ) dapat didekati dengan persamaan:

$$QL_2 = (hA(T_{it} - T_l)) + (\sigma A \epsilon (T_{it}^4 - T_l^4)) \quad (6)$$

Kehilangan panas pada saluran udara masuk tungku ( $QL_3$ ):

$$QL_3 = \epsilon A_m \sigma ((T_m + 273)^4 - (T_l + 273)^4) \quad (7)$$

Panas yang diterima oleh rumah kaca dari pipa penyalur didekati dengan persamaan:

$$Qu = Qu_1 + Q_{HE} \quad (8)$$

$$Q_{HE} = hA_p (T_p - T_r) \quad (9)$$

$$Qu_1 = U(T_g - T_r) \quad (10)$$

Efisiensi sistem tungku dan HE dapat dihitung dengan persamaan:

$$\eta_T = \frac{Q_{HE} + Qu_1}{Q_G} \quad (11)$$



**Gambar 2.** Kayu sebagai bahan bakar tungku biomassa

**PEMBAHASAN**

**1. Panas hilang dari dinding tungku ( $QL_1$ )**

Data yang diperlukan untuk menganalisis panas yang hilang melalui dinding tegak tungku ( $QL_1$ ) dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Data hasil pengukuran

Dimensi	Ukuran
Panjang tungku (m)	1
Lebar tungku (m)	0,55
Tinggi tungku (m)	0,35
Luas dinding tegak tungku (m <sup>2</sup> )	0,55
Luas dinding tegak sisi kanan/kiri tungku (m <sup>2</sup> )	0,37
Luas dinding tegak sisi depan/belakang tungku (m <sup>2</sup> )	0,17
Suhu lingkungan (TL) (°C)	25,05
Suhu dinding tungku (°C)	168,89
Beda suhu dinding tungku dengan suhu lingkungan (°C) / (°K)	143,84
Suhu film (Tf) (°K)	369,97
Nilai emisivitas bahan	0,977

Tungku terbuat dari pelat baja dengan dengan pendekatan geometri benda padat tak teratur dan digunakan sebagai tempat bahan bakar biomassa. Dari tiga kali percobaan didapatkan nilai kehilangan panas pada dinding tegak tungku sebesar 2461,49 Watt. Tingginya kehilangan panas dari dinding tungku ini

disebabkan karena dinding tegak tungku merupakan bagian yang paling dekat dengan ruang pembakaran dan terbuat dari plat baja yang mempunyai nilai konduktivitas tinggi serta bahan tersebut tidak dilapisi oleh bahan yang mampu menahan laju panas keluar dari dinding tegak tungku.

**2. Panas hilang dari lantai tungku (QL2)**

Data yang diperlukan untuk menganalisis panas yang hilang melalui dinding tegak tungku (QL2) dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

**Tabel 2.** Data hasil pengukuran

Dimensi	Ukuran
Panjang lantai tungku	1
Diameter batangan besi yang digunakan untuk lantai tungku (m)	0,001
Jumlah batangan besi yang digunakan	66
Luas permukaan lantai tungku (m <sup>2</sup> )	0,35
Suhu lingkungan (TL) (°C)	25,05
Suhu lantai dasar bagian luar (°C)	184,6
Beda lantai dasar luar dengan udara lingkungan	159,55
Suhu film (Tf) bagian luar (°K)	327,82
Nilai emisivitas bahan	0,97

Dari hasil perhitungan di dapatkan nilai panas hilang dari lantai tungku dari tiga kali percobaan sebesar 183,55 Watt. Hal ini berarti lantai tungku cukup efektif dalam menghambat aliran panas yang terbuang ke lingkungan, selain itu lantai tungku juga didesain langsung menyentuh dasar sehingga proses pindah panas ke lingkungan dapat diminimalisir.

**3. panas hilang dari lubang udara tungku (QL3)**

Data yang diperlukan untuk menganalisis panas yang hilang melalui saluran udara masuk tungku (QL3) dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

**Tabel 3.** Data hasil pengukuran

Dimensi	Ukuran
Suhu udara lubang masuk tungku (°C)	86,50
Suhu udara lingkungan (°C)	24,45
Jumlah lubang udara masuk tungku	6,00
Panjang lubang udara masuk (m)	0,30
Lebar lubang udara masuk tungku (m)	0,01
Luas satu lubang udara masuk (m <sup>2</sup> )	0,003

Saluran udara masuk tungku di buat sebagai ventilasi pada ruang tungku untuk menjaga sirkulasi udara agar proses pembakaran terus berlangsung. Ukuran saluran udara di desain sedemikian rupa agar memperoleh udara yang cukup untuk pembakaran dan mengurangi kehilangan panas melalui saluran udara tersebut. Dari hasil perhitungan dengan ukuran lubang udara 0,003 m<sup>2</sup> dengan jumlah 6 lubang didapatkan kehilangan panas sebesar 454.50 Watt.

**4. panas yang diterima rumah kaca dari pipa penyalur (Q<sub>HE</sub>)**

Data yang diperlukan untuk menganalisis panas yang diterima rumah kaca dari pipa penyalur (Q<sub>HE</sub>) dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

**Tabel 4.** Data hasil pengukuran

Dimensi	Ukuran
Jumlah pipa (buah)	34
Panjang pipa (m)	1,83
Diameter luar (Do) pipa (m)	0,033
Diameter dalam (Di) pipa (m)	0,03
Luas permukaan pipa (m <sup>2</sup> )	0,19
Suhu dinding pipa (°C)	63,68
Suhu ruang pengering (Tr) (°C)	39,96
Beda suhu dinding pipa HE dengan suhu ruang pengering	23,72
Suhu film (Tf) (°K)	324,82
Nilai emisivitas bahan	0,97

Panas yang diterima rumah kaca, dari percobaan yang dilakukan pada dasarnya sudah cukup bisa untuk memanaskan udara yang ada di dalam rumah kaca dan digunakan untuk proses pengeringan. Dari hasil perhitungan panas yang diterima rumah kaca berasal dari pipa HE yang berjumlah 34 yang dipasang di atas tungku dalam rumah kaca. Panas yang dilepaskan dari pipa penyalur ke rumah kaca yaitu 2072,28 Watt.



**Gambar 3.** Pengoperasian tungku biomassa

Dari hasil kalkulasi Q1, Q2 dan Q3 kehilangan panas terbesar terdapat pada dinding tungku yaitu 24,61 Watt atau 79,41 % dari total kehilangan panas, selanjutnya kehilangan panas pada saluran udara tungku sebesar 454,5 Watt atau 14,66 % dari total kehilangan panas dan kehilangan panas terkecil terdapat pada lantai dasar tungku sebesar 183,55 Watt atau 5,92% dari total kehilangan panas pada tungku. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Darmawan, 2003 yang menyatakan kehilangan panas terbesar pada dinding tungku sebesar 42,25 Watt.

#### 5. Efisiensi

Nilai efisiensi sistem tungku dan HE proses pengeringan adalah sebesar 14,48%. Nilai efisiensi yang didapatkan kecil dikarenakan banyak panas yang terbuang dan volume bahan bakar tungku tidak pada beban penuh, sehingga panas pembakaran yang dihasilkan tidak maksimal untuk proses pengeringan dalam rumah kaca.

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **KESIMPULAN**

1. Tungku sebagai pemanas tambahan berfungsi untuk menyempurnakan alat

pengering surya saat kondisi cuaca berfluktuatif

2. Kehilangan panas terbesar pada dinding tungku sebesar 79,41 % kemudian pada saluran udara tungku sebesar 14,66 % dan yang paling kecil pada lantai dasar tungku 5,92%.
3. Nilai efisiensi sistem tungku dan HE proses pengeringan sebesar 14,48%.

#### **SARAN**

Perlu desain tungku yang dilengkapi dengan isolator untuk mengurangi jumlah panas yang hilang melalui proses konduksi, konveksi dan radiasi.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Darmawan, Dian. 2003. Uji Kinerja Alat Pengering Tipe Efek Rumah Kaca Dengan Energi Surya dan Tungku Biomassa Sebagai Sistem Pemanas Tambahan Untuk Proses Pengeringan. Institut Pertanian Bogor
- Holman, J.P. 1981. *Heat Transfer* 6<sup>th</sup> ed. Diterjemahkan Jasjfi, E. 1997. Erlangga, Jakarta.
- Nelwan, L.O. 1997. Pengeringan Kakao dengan Energi Surya Menggunakan Rak Pengering dengan Kolektor Tipe Efek Rumah Kaca. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Wijaya, Aji. 2007. Uji Unjuk Kerja Mesin Pengering Tipe Efek Rumah Kaca (ERK) Berenergi Surya dan Biomassa Untuk Pengeringan Biji Pala (*Myristica sp.*). Institut Pertanian Bogor.