

Sebaran Suhu pada Pengering Surya Efek Rumah Kaca (ERK) Tipe Kabinet dalam Proses Pengeringan Komoditi Pertanian

Yayat Ruhiat

Email: yruhiat@fkip.untirta.ac.id

Jurusan Pendidikan Fisika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP)
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

ABSTRACT

Secara umum pengeringan komoditi pertanian dilakukan dengan cara penjemuran atau dengan menggunakan alat pengering buatan. Salah satu mesin pengering untuk proses pengeringan komoditi pertanian digunakan mesin pengering Surya Efek Rumah Kaca (ERK) tipe kabinet. Untuk mengetahui efektivitas mesin pengering Surya ERK tipe kabinet, dilakukan kajian tentang sebaran suhu pada alat selama proses pengeringan. Dalam mengkaji sebaran suhu, dilakukan analisis suhu pada plat penyerap dan suhu udara lingkungan. Manfaat dari kajian ini yakni efektivitas sistem pengeringan yang dapat meningkatkan mutu komoditi pertanian. Untuk menganalisis sebaran suhu pada alat pengering berlaku hukum pendinginan Newton tentang perpindahan panas konveksi. Hasil analisis sebaran menunjukkan suhu ruangan pada bagian atas alat pengering Surya ERK tipe kabinet lebih tinggi dari pada suhu ruangan bagian bawah.

Kata kunci: *pengeringan, mesin pengering, sebaran suhu, plat penyerap, suhu lingkungan.*

1. Pendahuluan

Pengeringan bertujuan untuk mengeluarkan kandungan air yang ada dalam komoditi, sampai mencapai persentase tertentu sehingga baik untuk digunakan. Menurut Supriyono (2003) dan Wirakartakusumah, *et.al.* (1992), pengeringan pada dasarnya merupakan suatu cara untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari sesuatu bahan dengan cara menguapkan sebagian besar air yang dikandungnya dengan menggunakan energi panas.

Proses pengeringan seringkali digunakan untuk mengolah komoditas pertanian karena sifatnya yang mudah rusak. Secara umum pengeringan komoditi pertanian dilakukan dengan cara penjemuran atau dengan menggunakan alat pengering buatan. Penjemuran dengan sinar matahari merupakan cara yang paling murah dan mudah dilakukan, akan tetapi pengeringan dengan cara penjemuran ini mempunyai beberapa kelemahan antara lain tergantung dari cuaca, sukar dikontrol, memerlukan tempat penjemuran yang luas, mudah terkontaminasi, dan memerlukan waktu yang lama. Menurut Yuwana, *et.al.* (2011a), seringkali pada saat proses pengeringan berlangsung terjadi masalah, terutama pada pengeringan dengan sistem konvensional atau penjemuran di bawah sinar matahari langsung. Oleh sebab itu, agar dalam proses penjemuran tidak tergantung cuaca dan sebaran suhu mudah dikontrol, maka proses pengeringan komoditi pertanian dilakukan dengan menggunakan mesin pengering. Salah satu mesin pengering untuk proses pengeringan komoditi pertanian digunakan mesin pengering Surya Efek Rumah Kaca (ERK) tipe kabinet.

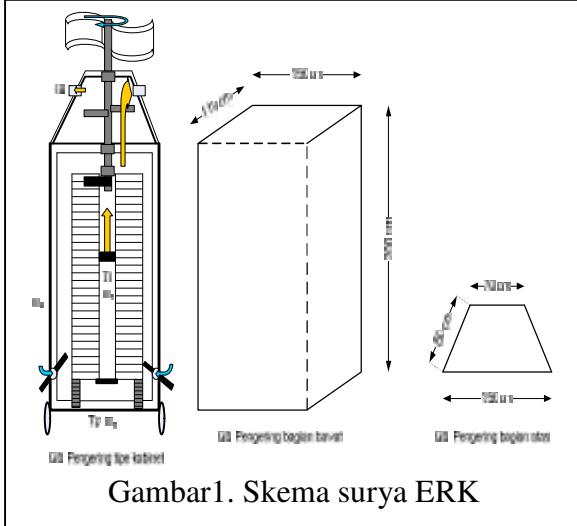
Surya ERK tipe kabinet yakni suatu alat yang bekerja dengan memanfaatkan sirkulasi udara di dalam ruang tertutup. Pada alat ini, sebagian energi yang masuk kedalam ruang pengering akan langsung digunakan oleh komoditi yang akan dikeringkan, dan sebagiannya lagi akan diserap oleh plat datar. Energi panas yang diserap akan digunakan kembali untuk mengeringkan komoditi pertanian melalui udara yang ada di atas plat datar dengan cara konveksi paksa maupun konveksi bebas. Udara panas yang terjadi akibat perpindahan panas dari permukaan kolektor surya dihisap dan dihembuskan kembali melalui plenum. Untuk mengubah energi radiasi matahari, energi lain yang lebih bermanfaat diperlukan suatu alat pengumpul panas. Plat aluminium datar yang permukaannya dicat hitam merupakan salah satu alat yang dapat berfungsi merubah energi radiasi Matahari menjadi energi panas.

Untuk mengetahui efektivitas mesin pengering Surya ERK tipe kabinet, dilakukan kajian tentang sebaran suhu pada alat selama proses pengeringan. Dalam mengkaji sebaran suhu, dilakukan analisis suhu pada plat penyerap dan suhu udara lingkungan. Manfaat dari kajian ini yakni efektivitas sistem pengeringan yang dapat meningkatkan mutu komoditi pertanian.

2. Metode

Lapisan batas kalor (*thermal boundary layer*) didefinisikan sebagai daerah dimana terdapat *gradient* suhu aliran yang terjadi akibat proses penukaran kalor antara fluida dan dinding. Jika suhu pada dinding T_w dan suhu pada fluida di luar

batas kalar T_∞ maka perpindahan panas konveksi yang berlaku hukum pendinginan Newton (Holman, 1992). Dalam bentuk persamaan ditulis:



$$q = hA(T_w - T) \quad \dots \quad (1)$$

dengan h koefisien konveksi (W/mK), A luas permukaan (m^2), T_w temperatur dinding (K), dan T temperatur fluida (K). Panas mengalir secara konduksi dari daerah temperatur tinggi ke daerah yang temperatur rendah. Laju perpindahan panas dinyatakan dengan hukum Yoseph Fourier, yakni:

$$q = -kA(dt/dx) \quad \dots \quad (2)$$

dengan k adalah konduktivitas *thermal* (W/m K), A adalah Luas penampang tegak lurus pada aliran panas (m^2), dan dT/dx adalah gradien temperatur dalam arah aliran panas (K/m).

Fluks kalor per satuan luas q'' adalah $(q/A) = q'' = -k(\partial T / \partial y)_{dinding}$ berdasarkan hukum pendinginan Newton: $q'' = h(T_w - T_\infty)$ dengan menggabungkan kedua persamaan tersebut, akan didapatkan: $h = [-k(\partial T / \partial y)/(T_w - T_\infty)]$ sehingga hanya perlu menemukan *gradient* suhu pada dinding untuk menilai koefisien perpindahan kalor. Hal ini berarti harus mendapatkan suatu persamaan tentang distribusi suhu. Kondisi batas distribusi suhu berlaku $y = 0$ $T = T_w$, pada $y = \delta t$ $\partial T = 0$, dan pada $y = \delta t$ $T = T_\infty$.

Proses sebaran suhu pada surya ERK tipe kabinet seperti ditampilkan pada gambar 1. Panas yang diterima surya ERK dari matahari yang berlangsung secara radiasi disimpan pada plat penyerap. Laju panas panas pada plat penyerap berlangsung secara konveksi dan konduksi. Menurut Holman (1992) aliran panas berlangsung secara kontinu, aliran sebaran suhu pada plat penyerap berlaku persamaan:

$$m_p C_{pp} \frac{dT_p}{dt} = \tau \alpha I A_p \left[600 \sin\left(\frac{\pi t}{8} + 300\right) \right] - h_i A_p (T_p - T_r) - h_o A_p (T_r - T_a) \quad \dots \quad (3)$$

Persamaan (3) selanjutnya dilakukan analisis, hasil analisis matematika didapat:

$$\frac{dT_p}{dt} = P 600 \sin\left(\frac{\pi t}{8} + 300\right) - Q (T_p - T_r) - R (T_r - T_a) \quad \dots \quad (4)$$

dengan: $P = \frac{\tau \alpha I A_p}{m_p C_{pp}}$; $Q = \frac{h_i A_p}{m_p C_{pp}}$ dan $R = \frac{h_o A_p}{m_p C_{pp}}$.

Hasil reduksi dari persamaan (4) didapat: $\frac{dT_p}{dt} + QT_p = S$ dengan

$$S = P600 \sin\left(\frac{\pi t}{8} + 300\right) - R(T_r - T_\alpha) \text{ atau disederhanakan menjadi: } \frac{dT_p}{dt} + QT_p = A$$

dengan $A = QT_r + S$ untuk $A = 0$ maka $T_p = e^{-Qt+C} = Be^{-Qt}$. Solusi persamaan

diferensial: $\frac{dT_p}{dt} + QT_p = A$ adalah: $T_p = e^{-Qt} \int (QT_r + S)e^{Qt} dt + Ce^{-Qt}$. Saat

$$t = 0, T_p = T_r \text{ maka } T_r = \frac{QT_r + S}{Q} + C \text{ dengan } C = T_r - \frac{QT_r + S}{Q}. \text{ Suhu plat penyerap}$$

dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{dT_p}{dt} = \frac{\tau \alpha I A_p}{m_p C_{pp}} \left[600 \sin\left(\frac{\pi t}{8} + 300\right) \right] - \frac{h_i A_p}{m_p C_{pp}} (T_p - T_r) - \frac{h_o A_p}{m_p C_{pp}} (T_r - T_a) \quad \dots\dots (5)$$

$$\text{Suhu ruang dihitung dengan persamaan: } T_r = T_{ro} e^{-At} + \frac{B}{A} (1 - e^{-At}) \quad \dots\dots (6)$$

dengan $A = P + Q + R$ dan $B = T_a (P + R) + QT_p$ dimana $P = m_n / m_r ; Q = h_i A_p / m_r C_{pa}$ dan $R = U A_w / m_r C_{pa}$. Selanjutnya suhu udara lingkungan dianalisis dengan menggunakan persamaan: $T_a(t) = 4 \sin\left(\frac{\pi t}{8} + 20\right)$ $\dots\dots (7)$

3. Hasil dan Pembahasan

Data-data yang diperlukan sebelum melakukan percobaan, yakni: (1) radiasi matahari, kelembapan udara, temperatur lingkungan, temperatur dinding oven, temperatur fluida sebelum APK, dan (2) temperatur udara dan kecepatan aliran udara dalam ruang pengering pada setiap periode, sesuai dengan jenis komoditi yang dikeringkan. Pada kajian ini, alat pengering Surya ERK tipe kabinet dibuat dengan ukuran seperti ditampilkan pada Tabel 1. Plat mengisi seluruh ruangan, dengan panjang dan lebar plat sama dengan alat pengering. Plat berukuran panjang $P=150$ cm lebar $L=110$ cm dengan tebal $t=0,3$ mm. Luas plat $A_p=16500 \text{ cm}^2$ dan volume plat $V_p=495 \text{ cm}^3$ dengan demikian massa plat $m_p=1,34 \text{ kg}$. Panjang inlet $P=15$ cm dan lebar $L=15$ cm, maka luas inlet $A=225 \text{ cm}^2$.

Tabel 1. Ukuran alat pengering Surya ERK tipe kabinet

Bagian	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)
Bawah	150	110	200
Atas	150	70	80

Data hasil pengukuran temperatur pada alat pengering Surya ERK tipe kabinet, ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

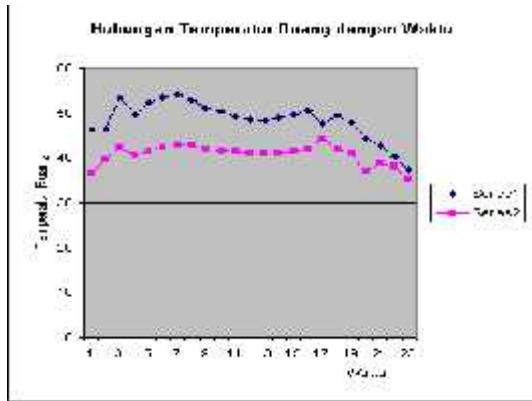
Tabel 2. Data hasil pengukuran temperatur

Waktu	T dindng (Tw)	T plat (Tp)	Tr bawah (bk)	Tr bawah (bb)	Tr atas (bk)	T lingk bk (Ta)	T lingk bb (Ta)	I (mV)
9.30	37.2	38.4	36.6	31.6	46.3	33.5	30.1	4.210
9.45	39.2	37.5	39.7	31.6	46.3	33.5	30.1	4.302
10.00	44.4	39.5	42.3	34.6	53.6	34.5	32.4	5.204
10.15	42.7	39.6	40.5	33.3	49.8	33.6	32.5	3.345
10.30	41.3	39.1	41.5	33.7	52.6	34.0	31.6	4.823
10.45	43.1	40.0	42.4	34.1	53.6	33.6	31.8	5.077
11.00	44.4	40.3	42.9	34.1	54.3	32.5	32.2	4.664
11.15	43.7	39.1	42.7	33.9	52.9	35.9	32.5	4.482
11.30	43.7	39.5	41.9	33.7	51.2	35.0	32.8	2.938
11.45	43.4	40.0	41.7	33.3	50.5	35.2	32.5	2.482
12.00	43.4	40.9	41.3	33.1	49.3	34.7	33.1	2.283
12.15	42.6	41.5	40.8	32.8	48.7	35.7	33.1	2.117
12.30	42.7	41.4	41.0	32.7	48.4	36.0	33.6	2.412
12.45	43.7	42.5	41.0	33.1	49.1	37.0	34.2	2.889
13.00	43.2	44.3	41.4	33.4	49.8	36.5	34.0	3.060
13.15	41.6	46.3	42.0	33.6	50.6	36.2	34.1	3.282
13.30	41.4	47.9	44.3	34.6	47.7	35.6	34.2	3.430
13.45	42.4	45.0	42.0	33.8	49.6	35.0	34.9	2.797
14.00	41.0	42.1	41.0	33.0	47.9	34.2	33.8	2.216
14.15	39.9	39.4	37.1	31.8	44.4	34.3	34.2	2.095
14.30	36.9	38.8	38.8	32.3	42.8	33.4	32.2	1.508
14.45	34.3	37.3	38.2	31.6	40.2	32.4	31.4	1.010
15.00	32.8	34.6	35.3	30.3	37.4	31.5	30.4	0.432

Suhu udara lingkungan dihitung dengan menggunakan persamaan (7), pengukuran dilakukan dari pukul 9.30 – 15.00 dengan interval waktu $t=900$ detik. Hasil analisis menunjukkan bahwa suhu udara lingkungan didapat: $-3,759 < t < 3,579$. Selanjutnya, suhu plat penyerap dihitung dengan menggunakan persamaan (6) dengan $h_i=8 \text{ W/m}^2\text{K}$, $A_p=1.65 \text{ m}^2$, $A_w=3 \text{ m}^2$, $U=5.56 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\dot{m}_u = 1.4 \times 10^{-2} \text{ kg/s}$ $m_r = 4.257 \text{ kg}$ dan $c_{pa}=1.006 \text{ kJ/kgK}$. Berdasarkan data tersebut, didapat $P=5.96 \times 10^{-2}$ per detik, $Q=3.083 \times 10^{-3}$ per detik, $R=3.8 \times 10^{-3}$ per detik, dengan demikian $A=6.65 \times 10^{-2}$ per detik dan $B=10^{-3}(63.4T_a + 3.083T_p)$. Berdasarkan persamaan (6) maka suhu plat penyerap

$$\text{didapat: } T_r = T_{ro} e^{-6.65 \times 10^{-2} t} + \frac{(63.4T_a + 3.083T_p) \times 10^{-3}}{6.65 \times 10^{-2}} \left(1 - e^{-6.65 \times 10^{-2} t}\right).$$

Berdasarkan sebaran suhu ruang dan suhu plat penyerap pada alat pengering Surya ERK tipe kabinet, maka hubungan temperatur ruang dengan waktu selama percobaan, ditampilkan pada Gambar 2 berikut.



Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa suhu ruangan pada bagian atas alat pengering Surya ERK tipe kabinet lebih tinggi dari pada suhu ruangan bagian bawah. Hal ini dikarenakan suhu di dalam ruangan tidak terdistribusi dengan baik, sehingga ada perbedaan suhu antara bagian atas dengan bagian bawah. Untuk itu diperlukan suatu alat bantu yang berfungsi untuk mendistribusikan suhu di dalam ruangan.

4. Simpulan

Dalam menganalisis sebaran suhu pada alat pengering Surya ERK tipe kabinet diperlukan data-data awal, yakni: (1) radiasi matahari, kelembapan udara, temperatur lingkungan, temperatur dinding oven, temperatur fluida sebelum APK, dan (2) temperatur udara dan kecepatan aliran udara dalam ruang pengering pada setiap periode, sesuai dengan jenis komoditi yang dikeringkan. Untuk menganalisis sebaran suhu pada alat pengering berlaku hukum pendinginan Newton tentang perpindahan panas konveksi. Hasil analisis sebaran menunjukkan suhu ruangan pada bagian atas alat pengering Surya ERK tipe kabinet lebih tinggi dari pada suhu ruangan bagian bawah.

Daftar Pustaka

- Holman J.P., 1992, Heat Transfer, 7th edition in SI. London: McGraw-Hill Book Company.
- Supriyono, 2003. Mengukur Faktor-faktor dalam Proses Pengeringan. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Wirakartakusumah, A., Subarna, M. Arpah, D. Syah, S.I. Budiwati. 1992. Petunjuk Laboratorium: Peralatan dan Unit Proses-Industri Pangan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Yuwana, B. Sidebang dan E. Silvia. 2011a. Temperature and Reallive Humidity Gains of "Teko Bersayap" Model Solar Dryer (a Research Note). Palembang: Poceeding of The International Seminar: "Exploring Rearch Potentials".