

Analisis Energi Panas pada Alat Pengering Kacang Mete

La Ode Mohammad Firman¹, Budhi M Suyitno¹

¹Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta

Email: laodemf18@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan perpindahan panas dan uap antara udara dan produk yang dikeringkan adalah sangat penting pada pengeringan produk-produk pertanian, misalnya pengeringan kacang mete. Peningkatan panas dan temperatur udara di dalam ruang pengering kacang mete diperoleh dari energi surya. Umumnya, energi panas dan temperatur udara yang dibutuhkan oleh ruang pengering tidak tercapai sebagaimana energi panas dan temperatur dari energi surya. Untuk menyelesaikan masalah ini, dibangun sebuah prototip alat pengering yang dilengkapi dengan alat penukar kalor (APK). Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis perpindahan panas dan temperatur udara di ruang pengering dan di APK, serta membuktikan penggunaan persamaan. Dimensi prototip adalah panjang, lebar dan tinggi masing-masing 1 m, dan jumlah kapasitas kacang mete yang dikeringkan sebanyak 30 kg. Sumber panas yang digunakan berasal dari energi surya untuk memanaskan ruang pengering dan bahan bakar batu bara untuk memanaskan APK. Metode penelitian yang digunakan adalah pengamatan secara langsung, dan melakukan analisis. Hasil yang diperoleh saat melakukan pengamatan bahwa penggunaan energi surya menunjukkan temperatur udara di ruang pengering masih berada di bawah 60 °C. Oleh sebab itu, penambahan energi panas yang berasal dari APK sangat dibutuhkan agar temperatur udara dalam ruang pengering dapat mencapai 60 °C. Peningkatan temperatur udara dalam ruang pengering membutuhkan energi panas dari APK sebesar $q_{APK} = 23.3$ kJ/s. Perpindahan panas selama proses pengeringan adalah: perpindahan panas secara konveksi (q_k) = 0.32 kJ/s, Radiasi (q_n) = 0.4 kJ/s dan konduksi (q_d) = 1.1 kJ/s. Sedangkan kehilangan panas melalui ventilasi sebesar (q_{v2}) = 20.3 kJdet.

Kata Kunci: Energi Panas, Heat Exchanger, Ruang Pengering

ABSTRACT

Increasing heat and vapor transfer between air and product to be dried is an important issue in drying of agricultural products, example the drying of cashew nut. Increasing heat and temperature in drying of cashew nut drying chamber are taken from solar energy. Generally, heat energy and temperature are needed by drying chamber is not achieved as heat energy and temperature from solar energy. In order to overcome the problem, a solar dryer prototype equipped with heat exchanger. The objective of this study is to analysis heat transfer and temperature in both drying chamber and heat exchanger, and also to prove the using of heat transfer equation in drying chamber is the same as the using heat transfer equation in heat exchanger. The prototype had dimensions namely length, width, and height respectively of 1 m, and drying capacity of 30 kg of cashew nuts. The heat source was solar energy for heating drying chamber and coal fuels for heating exchanger. Research method by using observation directly and analyses method. The results of testing of solar dryer is obtained that the utilization of solar energy just as energy sources drying will result dryer air temperature below 60 °C. Therefore, additional heat energy required from heat exchanger that can raise the temperature of air in the drying chamber until 60 °C. Increased air temperature in the drying chamber requires heat energy from heat exchanger out of $q_{APK} = 23.3$ kJ/s. Heat transfer during drying process are: Convection (q_k) = 0.32 kJ/s, Radiation (q_n) = 0.4 kJ/s and Conduction (q_d) = 1.1 kJ/s and the results obtained through analysis that heat losses outlet through ventilation (q_{v2}) = 20.3 kJdet.

Keyword: Drying chamber, Heat energy, Heat exchanger

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengeringan kacang mete bertujuan selain untuk memperpanjang umur simpan juga dalam rangka untuk memudahkan proses pengupasan. Parameter penting untuk menghasilkan kondisi pengeringan kacang mete adalah kecepatan aliran udara, kelembaban udara dan temperatur udara pengeringan [1-3]. Jika temperatur terlalu rendah, maka jamur akan tumbuh dan menyebabkan pembusukan, selain itu kulit ari menjadi lengket dan menyulitkan proses pengupasan. Pada temperatur yang terlalu tinggi, akan terjadi *case*

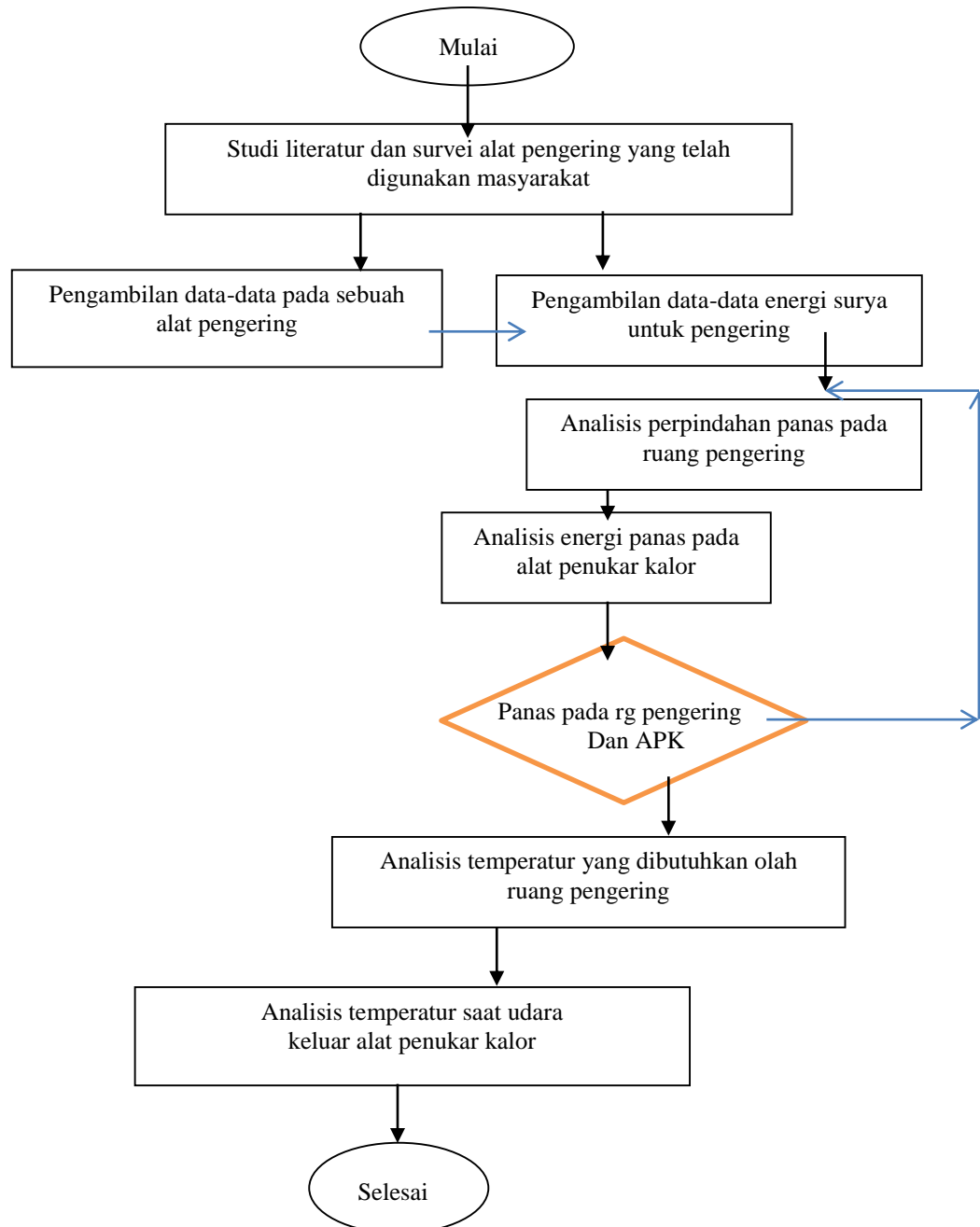
hardening, dimana bagian terluar kacang mete kering tetapi bagian dalam kacang mete tetap basah. Untuk pabrik yang telah maju pengeringan dilakukan dengan menggunakan alat pengering/oven yang dialiri udara panas [3]. Berdasarkan temperatur pengeringan tersebut maka pengeringan komoditi kacang mete yang dirancang pada penelitian ini menggunakan temperatur udara dalam ruang pengering sebesar 60°C dengan menggunakan energi panas tambahan yang berasal dari Alat Penukar Kalor (APK), selain pemanfaatan energi surya. Melalui analisis keseimbangan energi dapat diketahui kehilangan energi panas melalui dinding pengering selama

proses pengeringan berlangsung serta besarnya energi tambahan (dari bahan bakar batu bara) yang harus disuplai ke dalam ruang pengering, pada saat tersedia energi matahari atau tidak ada energi matahari (kondisi mendung, hujan atau malam hari). Hasil analisis ini nantinya akan diperlukan saat melakukan analisis energi panas dan temperatur, baik pada ruang pengering kacang mete maupun pada Alat Penukar Kalor (APK).

Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis temperature serta besarnya energi panas pada ruang pengering maupun energi panas pada APK, dan melakukan pembuktian persamaan yang digunakan antara analisis temperature dengan menggunakan energi panas pada ruang pengering dan energi panas pada APK.

METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Waktu dan Tempat

Analisis energi panas dan temperatur pada alat pengering, baik pada ruang pengering maupun APK telah dilakukan di pusat kajian energi terbarukan, FTUP, Jakarta, sejak tahun 2021.

Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan pada penelitian, terdiri dari 1 buah ruang pengering, absorber, rak pengering, termokopel, anemometer, data logger, blower, 30 kg kacang mete, alat ukur waktu, dan alat pengupas kacang mete. Ruang

pengering surya berbentuk persegi empat dengan dinding bagian depan yang merupakan pintu ruang pengering dan dinding bagian belakang terbuat dari bahan plastik transparan sedangkan dinding bagian kiri dan dinding bagian kanan serta bagian alas ruang pengering ditempatkan plat penyerap (absorber) yang permukaannya dicat hitam. Ruang pengering ini menggunakan dinding yang terbuat dari plat aluminium dan plastik yang masing-masing memiliki dimensi yakni panjang dan lebar sebesar 1 m. Perhatikan gambar dan tabel berikut.



Gambar 2 Letak kacang mete di atas rak pengering dan bentuk ruang pengering

Tabel 1 Data-data Temperatur dan energi surya

Jam	T_{rg} Atas (°C)	T_{km} Gel. (°C)	T_l Lingk (°C)	T_{rg} Bwh (°C)	T Abs (°C)	I	
						mV	W/m ²
09.45	31.5	27.9	28.0	28.0	29.2	1.55	221.43
10.00	33.0	27.9	30.0	29.0	30.0	2.00	285.71
10.15	34.0	28.2	29.0	29.0	31.0	1.08	154.29
10.30	32.1	28.0	28.5	29.0	30.8	1.87	267.14
10.45	35.0	28.1	30.5	30.5	32.0	1.92	274.29
11.00	35.0	29.0	30.1	30.2	33.0	2.44	348.57
11.15	35.0	29.5	30.2	30.3	33.5	3.32	474.29
11.30	35.0	29.5	30.3	30.3	33.5	4.92	702.86
11.45	36.0	30.0	30.5	30.6	34.0	6.26	894.29
12.00	35.5	31.0	31.0	33.0	35.8	4.25	607.14
12.15	40.0	31.2	31.5	32.5	35.9	2.12	302.86
12.30	40.5	32.0	33.0	33.0	36.2	1.60	228.57
12.45	40.8	32.0	32.8	33.0	37.0	3.26	465.71
13.00	39.5	32.0	32.1	32.2	36.0	2.22	317.14
13.15	42.2	33.0	33.9	33.9	38.4	2.26	322.86
13.30	39.0	32.2	32.0	33.0	37.0	1.42	202.86
13.45	41.0	32.5	34.5	33.0	37.9	6.18	882.86
14.00	42.8	33.0	33.9	32.2	38.5	3.54	505.71
14.15	41.5	32.5	34.0	33.2	36.5	4.60	657.14
14.30	42.0	32.5	34.0	30.8	36.2	4.15	592.86
14.45	39.5	33.0	30.2	32.0	36.0	1.09	155.71
15.00	37.0	32.5	32.0	32.0	35.8	1.63	232.86
15.15	37.0	32.5	32.0	33.6	35.6	1.42	202.86
15.30	36.5	33.0	32.5	32.2	35.8	1.27	181.43
15.45	36.0	32.5	32.0	32.0	35.0	0.84	120.00
16.00	34.5	32.2	30.0	30.5	34.0	0.67	95.710

HASIL dan PEMBAHASAN

Analisis perpindahan energi panas pada pengeringan kacang mete melibatkan jenis komoditi, dimensi dan jenis dinding yang digunakan pada ruang pengering. dari percobaan yang dilakukan diperoleh temperatur maksimum dan selisih temperatur maksimum terjadi pada jam 14.00.

KONVEKSI (q_k)

Menentukan Konveksi Bebas atau Paksa [4]

$$\frac{[g\beta(T_{pl} - T_{rg}) L^3] / \nu^2}{(V_{\infty} L / \nu)^2} = \frac{Gr_L}{Re_L^2} \cong 1$$

Dimana:

$$g = 9.81 \text{ m/det}^2$$

$$T_{pl} = 38.5 \text{ }^\circ\text{C} = 311.5 \text{ K}$$

$$T_{rg} = 32.2 \text{ }^\circ\text{C} = 305.2 \text{ K}$$

$$\Delta T = 6.3 \text{ }^\circ\text{C} = 6.3 \text{ K}$$

$$(T_{pl} + T_{rg}) / 2 = (38.5 + 32.2) / 2$$

$$= 35.35 \text{ }^\circ\text{C} = 308.35 \text{ K}$$

$$\beta = \frac{1}{\frac{T_{pl} + T_{rg}}{2}} = \frac{1}{308.35} = 0.0032$$

Kec. Al. Udara dalam rg. Pengering, $V_{rg} = 0.15 \text{ m/s}$

Jarak aliran udara $L = 2 \text{ m}$ atau $L^3 = 8 \text{ m}$ untuk $T = 308.35 \text{ K}$, maka

$$\nu_{ud} = 16.4 \times 10^{-6}, k = 0.027 \text{ Pr} = 0.705$$

Jadi:

$$\frac{[9.81 \times 0.0032 (6.3) 8] / (15.68 \times 10^{-6})^2}{[(0.15 \times 2) / 15.68 \times 10^{-6}]^2} = 17.58$$

Oleh karena $17.58 > 1$ atau $(Gr / Re^2) > 1$ maka termasuk **konveksi Bebas**.

Menganalisis rumus nilai Nusselt (Nu) untuk konveksi bebas. [4]

$$\begin{aligned} Gr \times Pr &= [g\beta(T_{pl} - T_{rg}) L^3 / \nu^2] Pr \\ &= [1.582 / (16.4 \times 10^{-6})^2] 0.705 \\ &= [1.582 / (2.69 \times 10^{-10})] 0.705 \\ &= 4.15 \times 10^9 \end{aligned}$$

Oleh karena, $5 \times 10^8 < Gr \times Pr < 10^{11}$ atau $5 \times 10^8 < 4.15 \times 10^9 < 10^{11}$

maka rumus bil. Nusselt yang digunakan adalah:

$$Nu = 0.16 (Gr \times Pr)^{1/3}$$

Maka:

$$Nu = 0.16 (1 607) = 257.12$$

$$Nu = (h L) / k \text{ atau}$$

$$h = (Nu \ k) / L = (257.12 \times 0.027) / 2 = 3.5$$

Jadi:

$$q_k = h A \Delta T$$

$$= 3.5 \times 6 \times 6.3$$

$$= 132.3 \text{ J/det}$$

$$= 0.132 \text{ kJ/det} = 0.32 \text{ kW}$$

RADIASI (q_n) [5]

Laju perp. Panas radiasi ;

$$q_n = I A \tau \alpha$$

Dimana :

$$I = 505.71 \text{ W/m}^2 \text{ (untuk jam 14.00)}$$

$$A = 1 \text{ m}^2$$

$$\tau \alpha = 0,8$$

Maka:

$$q_n = 505.71 \times 1 \times 0.8 = 404.5 \text{ W} = 0.4 \text{ kJ/det m}^2$$

atau untuk 1 m^2 diperoleh $q_n = 0.4 \text{ kJ/det}$

Panas Keluar Ventilasi (qv_2) [5]

$$qv_2 = m_2 \left(h_2 + \frac{V_2^2}{2} \right)$$

$$\rho_2 = 1.2 \text{ kg/m}^3 \text{ (pada temp. } 60 \text{ }^\circ\text{C)}$$

Diharapkan $T_{rg} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ (bola kering) sedangkan T_{rg} bola basah untuk $T_{rg} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ maka $RH = 33 \%$

Jadi

$h_2 = 175 \text{ kJ/kg}$ (diperoleh dari diagram psyrometrick)

kecepatan udara ventilasi :

$$V_v = V_2 = 4.5 \text{ m/det (diperoleh dari perc. Tanpa APK)}$$

$$m_2 = \rho_2 A_2 V_2 = 1.2 (0.1 \times 0.1) 4.5 = 0.054 \text{ kg/det}$$

Untuk 2 ventilasi maka

$$m_2 = 2 \times 0.054 = 0.11 \text{ kg/det}$$

T_v diprediksi = $T_{rg} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ dan RH untuk $T_v = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ adalah 33%

Maka, $h_v = 175 \text{ kJ/kg}$ (diperoleh dari psyrometrick)

Jadi:

$$q_{v2} = 0.11 (175 + 5.2^2 / 2)$$

$$= 20.3 \text{ kJ/det}$$

KONDUKSI (q_d) [6]

$$q_d = U A (T_{rg} - T_l)$$

Dimana :

$$U = 5.56 \text{ w/m}^2 \text{ K (dari analisis)}$$

$$A = 6 \text{ m}^2$$

$$T_{rg} = 60 \text{ }^\circ\text{C} = 333 \text{ K}$$

$$T_l = 28 \text{ }^\circ\text{C} = 301 \text{ K}$$

maka:

$$q_d = 5.56 \times 6 (333 - 301)$$

$$= 1067.5 \text{ W}$$

$$= 1067.5 \text{ J/s} = 1.1 \text{ kJ/det}$$

Agar diperoleh $T_{rg} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ maka temp. keluar APK (T_{o_APK}) dapat dianalisis sebagai berikut:

$$q_{APK} = m \text{ cp } \Delta T = 23.3 \text{ kJ/det (tanpa sinar matahari)}$$

dimana:

$$\text{Kec. Aliran udara, } V = 2.9 \text{ m/det}$$

$$\text{Massa jenis, udara, } \rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Lebar APK} = \text{Lebar sisi inlet} = 60 \text{ cm} = 0.6 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi sisi inlet} = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$$

$$\text{maka luas, } A = 0.12 \text{ m}^2$$

atau:

$$\text{Laju aliran udara, } m = 1.2 \times 0.12 \times 2.9 = 0.42 \text{ kg/det}$$

Jadi

$$q_{APK} = 0.42 \times 1.008 (T_{o_APK} - 28)$$

$$T_{o_APK} - 28 = \frac{23.3}{0.42 \times 1.008}$$

$$T_{o_APK} = 55.32 + 28 = 83.32 \text{ }^\circ\text{C}$$

Pembuktian: [6]

$$T_{o_APK} = 83.3 \text{ }^\circ\text{C (tanpa sinar matahari)}$$

Bukti sebagaimana berikut:

$$T_{d \text{ out}} = \frac{(q_v + q_d)}{m_d \cdot c_{pd}} + T_{d \text{ in}}$$

$$= \frac{20.3 + 1.1}{0.42 \times 1.008} + 28 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 55 + 28 = 83 \text{ }^\circ\text{C (terbukti)}$$

KESIMPULAN

1. Setelah dilakukan analisis maka diperoleh bahwa penggunaan APK dapat meningkatkan temperatur udara dalam ruang pengering hingga mencapai $60 \text{ }^\circ\text{C}$.
2. Besarnya perpindahan energi panas maksimal yang terjadi pada ruang pengering adalah energi panas yang hilang melalui ventilasi sebesar $q_v = 20.3 \text{ kW}$. Sedangkan perpindahan energi panas pada APK, bila tidak ada radiasi matahari adalah (q_{APK}) = 23.3 kW.
3. Terbukti bahwa hasil analisis temperatur dengan menggunakan persamaan $T_{d \text{ out}}$ adalah sama dengan penggunaan persamaan T_{o_APK} .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Holman JP. 1989. Heat Transfer. McGraw Hill, New York.
- [2] Iynkaran K. 1993. Basic Thermodynamics. Singapore.
- [3] Kamaruddin A, Tamrin, Wenur F. dan Dyah W. 1994. Optimisasi dalam Perencanaan Alat Pengering Hasil Pertanian Dengan Energi Surya. Laporan Akhir Penelitian Hibah Bersaing I. Ditjen DIKTI. Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan. IPB. Bogor.
- [4] Koestoer RA. 2002. Perpindahan Kalor. Salemba teknika, Jakarta.
- [5] Kreith F. 1998. Principle Of Heat Transfer. Erlangga, Jakarta.
- [6] Tunggul MS. 1992. Alat Penukar Kalor. PT. Raja Grafindo, Jakarta.