

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang telah dilakukan serta pembahasan mendalam mengenai temuan – temuan tersebut. Data yang diperoleh dari penelitian akan diuraikan secara sistematis untuk memberikan gambaran yang jelas tentang capain penelitian ini. Selanjutnya, hasil-hasil tersebut akan dianalisis dan diinterpretasikan dengan mengacu pada kerangka teori dan tinjauan pustaka yang telah dibahas sebelumnya.

4.1 Fabrikasi Alat

Berikut adalah proses fabrikasi alat *rotary kiln* kontinyu untuk material butiran di salah satu bengkel yang terletak di Jl.Rowosari Raya No.8, Meteseh, Kec.Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50271.



Gambar 4. 1 Fabrikasi alat rotary kiln



Gambar 4. 2 Proses pembuatan Hopper dan saluran gas



Gambar 4. 3 Finalisasi fabrikasi alat rotary kiln



Gambar 4. 4 Fabrikasi selesai

4.2 Perhitungan Perpindahan Panas

Pada rotary kiln kontinyu ini perpindahan panas yang terjadi yaitu perpindahan panas secara konveksi, maka dapat dihitung sebagai berikut :

Koefesien perpindahan panas konveksi (h) = 0,027 W/m.K (udara pada suhu 60° dengan metode interpolasi)

$$\text{Luas selimut drum pengering (A)} = \pi \times d \times t$$

$$= 3,14 \times 300 \text{ mm} \times 1550 \text{ mm}$$

$$= 1.460.100 \text{ mm}^2 = 1.460 \text{ m}^2$$

$$\text{Suhu udara} = 323^\circ\text{K}$$

$$\text{Suhu drum pengering} = 310^\circ\text{K}$$

$$Q_{\text{konveksi}} = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{konveksi}} = 0,027 \times 1,460 \times (323 - 310)$$

$$Q_{\text{konveksi}} = 0,027 \times 1,460 \times 13$$

$$Q_{\text{konveksi}} = 0,512 \text{ watt}$$

4.3 Perhitungan Efisiensi Pengeringan

Perhitungan Energi bahan Bakar

Massa bahan bakar yang digunakan = 0,045 kg

Massa jenis LPG (ρ) = 2,47 Kg/m³ = 0,00247 Kg/liter

Waktu pembakaran = 600 s

Nilai kalor bahan bakar LPG (NK_{bb}) = 11.254,61 Kcal/Kg

Mencari volume bahan bakar yang digunakan (v)

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{0,045 \text{ Kg}}{0,00247 \text{ Kg/l}} = 18,21 \text{ liter}$$

Mencari laju aliran massa bahan bakar

$$m_{bb} = \frac{v \times \rho}{t}$$

$$m_{bb} = \frac{18,21 \text{ liter} \times 0,00247 \text{ Kg/l}}{600 \text{ s}}$$

$$m_{bb} = 75 \times 10^{-5}$$

Mencari energi bahan bakar

$$Q_{bb} = \text{NK}_{bb} \times m_{bb}$$

$$Q_{bb} = 11.254,61 \text{ Kcal/Kg} \times 75 \times 10^{-5}$$

$$Q_{bb} = 0,844 \text{ kkal/s} = 3533,65 \text{ Watt}$$

4.4 Perhitungan energi proses pengeringan

1. Mencari Besarnya Entalpi Udara (h)

Untuk menghitung h_1 dan h_2 harus mengetahui kondisi udara lingkungan dan kondisi udara keluar dari ruang pengering.

Kondisi udara lingkungan (T_1)

a. Kondisi udara lingkungan

Dari hasil pengukuran pada saat pengujian dilakukan didapatkan data sebagai berikut:

Temperatur udara lingkungan (T_1) = 32°

Kelembapan relatif udara lingkungan (RH_1) = 60°

Tekanan atmosfer (P_t) = $1 \text{ atm} = 101,325 \text{ Kpa}$

Dari data di atas dapat diketahui besarnya kelembaban spesifik udara lingkungan (ω_1) dan entalpi udara lingkungan (h_1) dengan langkah– langkah sebagai berikut

Pada tabel sifat cairan dan uap jenuh, tekanan parsial saturasi uap akhir (P_{sat}) pada temperatur 32°C yaitu $0,04759 \text{ bar} = 4,759 \text{ Kpa}$

Maka besarnya tekanan parsial uap air (P_v) dapat dicari dengan rumus kelembapan relatif yaitu sebagai berikut:

$$P_v = RH \times P_{sat}$$

$$P_v = 0,60 \times 4,759 \text{ Kpa}$$

$$P_v = 2,855 \text{ Kpa}$$

Maka besarnya kelembaban mutlak udara lingkungan (ω_1) dapat dicari sebagai berikut :

$$\omega_1 = 0,622 \times \frac{P_v}{P_t - P_v}$$

$$\omega_1 = 0,622 \times \frac{2,855 \text{ Kpa}}{101,325 \text{ Kpa} - 2,855 \text{ Kpa}}$$

$$\omega_1 = 0,018 \text{ kg}_{\text{uap air}}/\text{kg}_{\text{udara kering}}$$

Besarnya panas spesifik udara kering (C_p) pada temperatur 32°C atau 305°K diperoleh dari tabel sifat-sifat udara pada tekanan atmosfer dengan menggunakan cara interpolasi, maka didapat harga C_p sebagai berikut:

$$C_p = C_{p300^\circ\text{K}} + (C_{p350^\circ\text{K}} - C_{p300^\circ\text{K}}) \left[\frac{305^\circ\text{K} - 300^\circ\text{K}}{350^\circ\text{K} - 300^\circ\text{K}} \right]$$

$$C_p = 1,0057 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} + (1,0090 - 1,0057) \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \left[\frac{5^\circ\text{K}}{50^\circ\text{K}} \right]$$

$$C_p = 1,006 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$$

Dari tabel sifat cairan dan uap jenuh, didapatkan besarnya entalpi uap (h_{fg}) pada temperatur 32°C yaitu 2425,7 kJ/kg_{uap air} Sehingga besarnya entalpi udara lingkungan (h_1) didapatkan sebagai berikut:

$$h_1 = (C_p \times T_1)_{\text{udara kering}} + \omega_1 \times h_{fg} \text{ uap air}$$

$$h_1 = (1,006 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \times 305^\circ\text{K})_{\text{udara kering}} + 0,018 \text{ kg}_{\text{uap air}}/\text{kg}_{\text{udara kering}} \times 2425,7 \text{ kJ/kg}_{\text{uap air}}$$

$$h_1 = 350,492 \text{ kJ/kg}_{\text{udara kering}}$$

Karena kondisi udara yang masuk ke pengering sama dengan kondisi udara lingkungan, maka besarnya entalpi udara yang masuk ke pengering (h_1) adalah sama dengan entalpi udara lingkungan yaitu 350,492 kJ/ kg_{udara kering}

b. Kondisi Udara Keluar Pengering

Pada saat udara keluar pengering maka kelembaban relatif (RH) berubah, demikian juga dengan kelembaban mutlaknya (ω_2) akan berubah. Sebab pada saat melewati ruang pengering terdapat penambahan massa uap air bahan makanan yang dikeringkan, dengan mengasumsikan bahwa kondisi udara keluar pengering adalah sebagai berikut :

$$\text{Temperatur udara keluar pengering (T}_2\text{)} = 48^\circ\text{C}$$

$$\text{Kelembaban relatif keluar pengering (RH}_2\text{)} = 57\%$$

$$\text{Tekanan atmosfer (P}_{\text{sat}}\text{)} = 1 \text{ atm} = 101,325 \text{ Kpa}$$

Dari data di atas dapat diketahui besarnya kelembaban spesifik udara lingkungan (ω_2) dan entalpi udara lingkungan (h_2) dengan langkah– langkah sebagai berikut

Tekanan parsial saturasi uap air (P_{sat}) pada temperatur 48°C =
10,144 Kpa Kpa, dengan metode interpolasi.

$$P_{\text{sat}} = P_{\text{sat}45^\circ\text{C}} + (P_{\text{sat}50^\circ\text{C}} - P_{\text{sat}45^\circ\text{C}}) \left[\frac{48^\circ\text{C} - 45^\circ\text{C}}{50^\circ\text{C} - 45^\circ\text{C}} \right]$$

$$P_{\text{sat}} = 9,593 \text{ Kpa} + (12,35 - 9,593) \text{Kpa} \left[\frac{3}{5} \right]$$

$$P_{\text{sat}} = 11,247 \text{ Kpa}$$

Maka besarnya tekanan parsial uap air (P_v) dapat dicari sebagai berikut:

$$P_v = RH \times P_{\text{sat}}$$

$$P_v = 0,57 \times 11,247 \text{ Kpa}$$

$$P_v = 6,41 \text{ Kpa}$$

Maka besarnya kelembaban mutlak udara lingkungan (ω_1) dapat dicari sebagai

berikut :

$$\omega_2 = 0,622 \times \frac{P_v}{P_t - P_v}$$

$$\omega_2 = 0,622 \times \frac{6,41 \text{ Kpa}}{101,325 \text{ Kpa} - 6,41 \text{ Kpa}}$$

$$\omega_2 = 0,042 \text{ kg}_{\text{uap air}}/\text{kg}_{\text{udara kering}}$$

Besarnya panas spesifik udara kering (C_{pu}) pada temperatur 48°C atau 321°K diperoleh dari tabel sifat-sifat udara pada tekanan atmosfer dengan menggunakan cara interpolasi, maka didapat harga C_{pu} sebagai berikut:

$$C_p = C_{p300^\circ\text{K}} + (C_{p350^\circ\text{K}} - C_{p300^\circ\text{K}}) \left[\frac{321^\circ\text{K} - 300^\circ\text{K}}{350^\circ\text{K} - 300^\circ\text{K}} \right]$$

$$C_p = 1,0057 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} + (1,0090 - 1,0057) \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \left[\frac{21^\circ\text{K}}{50^\circ\text{K}} \right]$$

$$C_p = 1,0070 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$$

Besarnya entalpi uapnya (h_{fg}) pada temperatur 45°C yaitu : $2394,8$ dengan metode interpolasi sebagai berikut

$$h_{fg} = h_{fg45^\circ\text{C}} + (h_{fg50^\circ\text{C}} - h_{fg45^\circ\text{C}}) \left[\frac{48^\circ\text{C} - 45^\circ\text{C}}{50^\circ\text{C} - 45^\circ\text{C}} \right]$$

$$h_{fg} = 2394,8 \text{ kJ/kg} + (2382,7 - 2394,8) \text{ kJ/kg} \left[\frac{3^\circ\text{K}}{5^\circ\text{K}} \right]$$

$$h_{fg} = 2387,54 \text{ kJ/kg}$$

Sehingga besarnya entalpi udara lingkungan (h_1) didapatkan sebagai berikut

$$h_2 = (C_p \times T_1) \text{ udara kering} + \omega_2 \times h_{fg \text{ uap air}}$$

$$h_2 = (1,0070 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \times 321^\circ\text{K}) \text{ udara kering} + 0,042 \text{ kg}_{\text{uap air}}/\text{kg}_{\text{udara kering}} \times 2387,54 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 423,74 \text{ kJ/kg}_{\text{udara kering}}$$

Dari data diatas, maka energi proses pengeringan dapat dihitung sebagai berikut.

$$Q_p = \dot{m}_{\text{udara}} (h_2 - h_1)$$

$$Q_p = 0,01 \text{ kg/s} (423,74 - 350,492)$$

$$Q_p = 0,01 \text{ kg/s} (73,25468 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_p = 0,7325468 \text{ KJ/s} = 732,5468 \text{ Watt}$$

Dari data diatas, maka efisiensi pengeringan dapat dihitung sebagai berikut. $\eta =$

$$\frac{Q_p}{Q_{bb}} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{732,5468 \text{ Watt}}{3533,65 \text{ Watt}} \times 100 \%$$

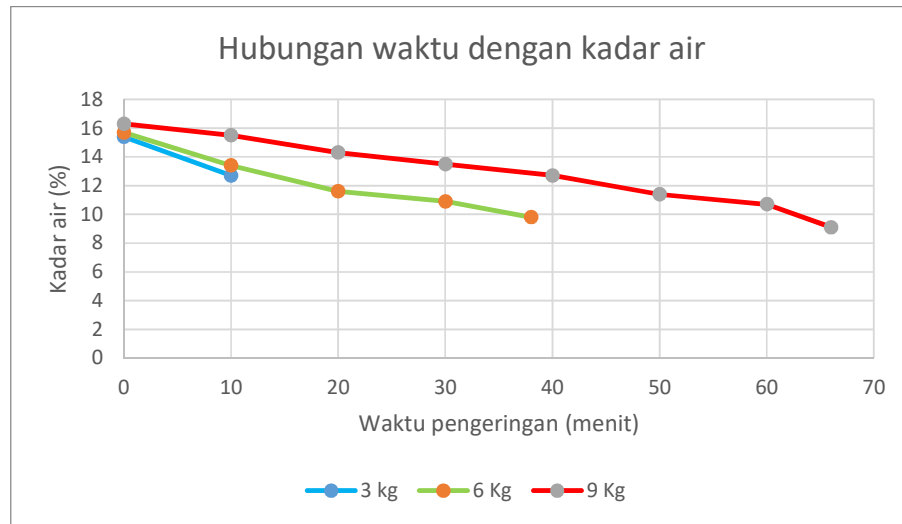
$$\eta = 20,70 \%$$

Suhu pengeringan(°C)	Kapasitas (Kg)	Waktu pengeringan (menit)	Efisiensi (%)	Kadar air akhir(%)	Kebutuhan Bahan bakar (Kg)
60°	3	10 menit	20,7%	12	0,045
60°	6	38 menit	26,65%	9,8	0,07
60°	9	62 menit	29,6%	9,1	0,095

Tabel 4. 2 Keseluruhan hasil pengujian

4.5 Analisa Pengeringan

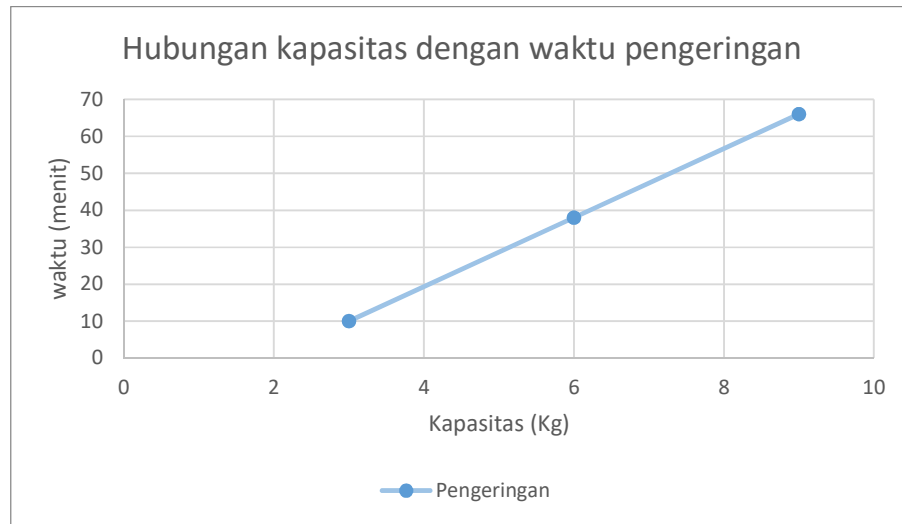
4.5.1 Hubungan Waktu Pengeringan dengan Kadar Air



Gambar 4. 5 hubungan kapasitas dengan kadar air

Dari gambar 4.5 dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kapasitas maka semakin lama pula proses penurunan kadar airnya dikarenakan semakin banyak jumlah Kacang yang dikeringkan. Dari data diatas dapat diketahui bahwa kapasitas 3 kg, 6 kg, dan 9 kg untuk mencapai kadar air sebesar 12% (sesuai table Syarat mutu standar kering kacang merah) masing-masing membutuhkan waktu pengeringan yaitu 10 menit, 38 menit, dan 62 menit.

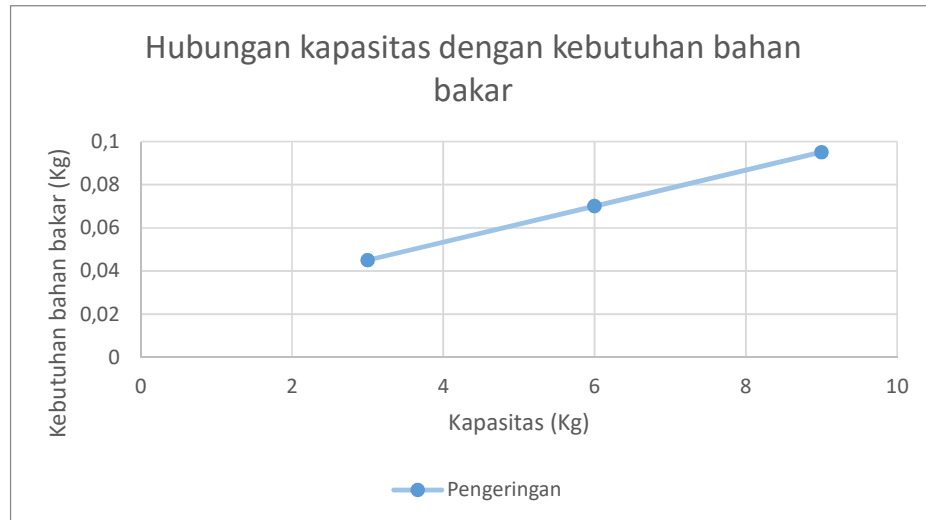
4.5.2 Hubungan kapasitas dengan waktu pengeringan



Gambar 4. 6 hubungan kapasitas dengan waktu pengeringan

Dari gambar 4.6 dapat disimpulkan bahwa kapasitas pengeringan akan mempengaruhi lamanya waktu pengeringan, karena semakin banyak kapasitas yang dikeringkan semakin lama pula waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan Kacang merah. Dari data di atas dapat diketahui sampel kapasitas 9 kg memiliki waktu pengeringan tertinggi yaitu selama 62 menit.

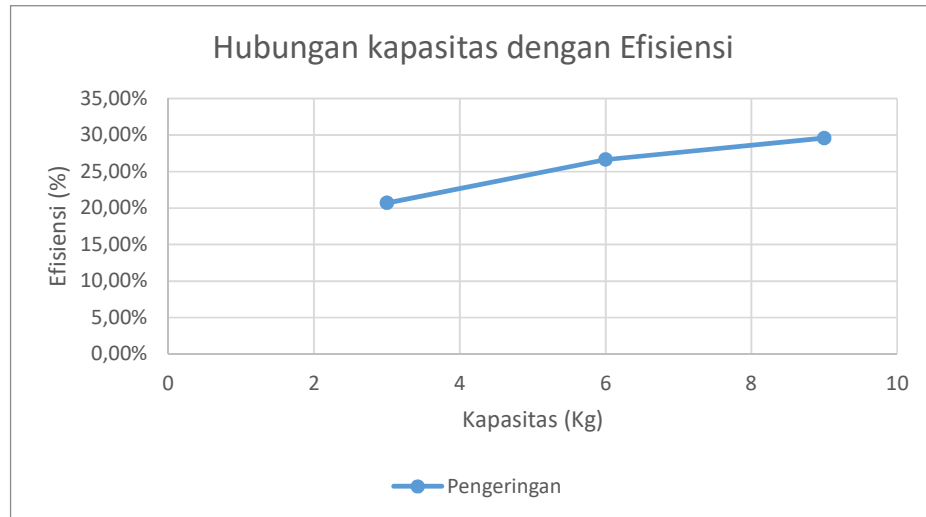
4.5.3 Hubungan Kapasitas dengan Kebutuhan Bahan Bakar



Gambar 4. 7 hubungan kapasitas dengan kebutuhan bahan bakar

Hubungan dari gambar 4. 7 dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kapasitas jagung maka semakin banyak kebutuhan bahan bakar, dikarenakan semakin banyak kapasitas jagung maka semakin lama waktu pengeringan sehingga membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak. Dari data di atas dapat diketahui kapasitas 9 kg membutuhkan bahan bakar tertinggi yaitu sebanyak 0,095 kg.

4.5.4 Hubungan Kapasitas dengan Efisiensi



Gambar 4. 8 hubungan kapasitas dengan efisiensi

Dari gambar 4.8 dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kapasitas maka semakin tinggi tingkat efisiensinya, dikarenakan semakin banyak kapasitas jagung maka semakin banyak uap air yang dihasilkan. Sehingga RH dan suhu yang dihasilkan lebih besar. Dari data diatas dapat diketahui efisiensi yaitu pada sampel kapasitas 3 kg yaitu sebesar 20.7 % , efisiensi terendah pada kapasitas 6 kg yaitu sebesar 26,65% ,dan 9 yaitu sebesar 29,6