

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, Sri, M. 2008. Teknik *Pengeringan Bawang Merah dengan Cara Perlakuan Suhu dan Tekanan Fakum*. Buletin Teknik Pertanian Vol.13 No.2.
- Brooker,D.B. 1992. *Drayer and Stronge of grains and oilseed*. The AVI Publishing company Inc, USA. New York.
- Hardianti, N., Damayanti, R, W., dan Fatma, F. 2017. *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Pengeringan Simplisia Menggunakan Solar Drayer dengan Konsep Udara Ekstra*. *Prosiding SNST ke-8 Tahun 2017*. Fakultas Teknik Universitas sebelas Maret: Solo.
- Ishak. 2013. Model Pengeringan Lapisan Tipis Cengkeh (*Syzgium aromaticum*). Skripsi, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia.
- Jading, A Paulus P., Eduard F.T., dan Reniana., 2012. *Teknik Pengeringan Pati Sagu dengan Menggunakan Alat Pengeringan Cross Flow Fluidized Bed*. Jurnal agrotek, VOL. 3, No.1, Januari 2012.
- Jhondri. (2017). Performa Alat Pengering Tipe Rak pada Pengeringan Ransum Berbentuk Pellet. *Jurnal Ilmu Peternakan.*, 1(2). 28-31.
- Manfaati, R., Baskoro, H, dan Rifai, M, M. 2019. *Pengaruh Waktu dan Suhu Terhadap Proses pengeringan bawang merah Menggunakan Tray Drayer*.
- Rahman, A.F., Sukmawaty, dan Rahmat S., 2017. *Evaluasi Pengeringan Pisang Sale (Musa Paradisiaca L.) Pada Alat Pengering Hybrid (Surya Listrik) Tipe Rak*. Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem, Vol. 5, No.1, Maret 2017.
- Rahma, R.N., 2012. *Studi Pengaruh Lama Pemanasan dan Konsentrasi Selama Pemanasan Ohmic Terhadap Laju Pengeringan dan Rendaman Src (Semi Refined Carrageenan)*. Skripsi. Universitas Hasanuddin: Makassar.
- Sari, I.N., Warji, dan Dwi D.N., 214. *IUji keinerja Alat Pengering Hybrid Tipe Rak Pada Pengeringan chip Pisang Kepok*. Universitas Lampung, Lampung.
- Suhendar, E., Tamrin, Dwi, D, D. 2017. *Uji Kinerja Alat Pengering Tipe Rak Pada Pengering Chip Sukun. Menggunakan Energi Listrik*. Jurnal Teknik Pertanian Lampung Vol. 6, No.2: 125-132. Universitas Lampung.
- Taufik, M., 2004. *Pengaruh Temperatur Terhadap Lju Pengeeringan Jagung Pada Pengering Konvensional dan Fluidized Bed*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Respon Dinamis Suhu Pengering

Waktu (Menit)	Suhu Pengering (°C)	
	<i>Hybrid</i>	<i>Non-hybrid</i>
0	35	32
2	45	35
4	49	39
6	51	42
8	54	44
10	55	46
12	57	48
14	59	49
16	60	50
18	60	51
20	59	51
22	60	52
24	60	52
26	60	53
28	60	53
30	60	53

Lampiran 2. Tabel Respon Statis Suhu Pengering

Waktu (Menit)	Suhu Pengering (°C)	
	<i>Hybrid</i>	<i>Non-hybrid</i>
0	35	32
30	60	53
60	59	55
90	56	56
120	56	57
150	60	57
180	59	58
210	54	58
240	54	58
270	60	58
300	60	58

Lampiran 3 Berat Hasil Pengeringan *Hybrid*

Talang	Berat Bahan Sebelum Pengeringan (g)	Berat Bahan Sesudah Pengeringan (g)
1	500.5	311.32
2	500.28	311.41
3	500.31	316.12
4	500.38	316.4
5	500.68	322.25
6	500.81	321.06
Total	3002.96	1898.56

Lampiran 4 Berat Hasil Pengeringan *Non-Hybrid*

A. Pengeringan *Hybrid*

Talang	Berat Bahan Sebelum Pengeringan (g)	Berat Bahan Sesudah Pengeringan (g)
1	500.34	313.44
2	500.34	305.36
3	500.73	316.38
4	500.64	321.35
5	500.78	322.38
6	500.48	331.98
Total	3003.31	1910.89

B. Pengeringan *Non- hybrid*

Talang	Berat Bahan Sebelum Pengeringan (g)	Berat Bahan Sesudah Pengeringan (g)
1	500.47	301.27
2	500.47	307.22
3	500.58	311.59
4	500.5	311.68
5	500.41	304.23
6	500.61	311.14
Total	3003.04	1847.13

Lampiran 5 Berat Sampel Selama Proses Pengeringan *Hybrid*

Waktu (Jam)	Berat Sampel (g)		
	Rak Atas	Rak Bawah	Rata-Rata
1	53.2	53.2	53.2
2	49.6	51.17	50.385
3	47.3	49.51	48.405
4	45.55	48.18	46.865
5	43.95	46.45	45.2

Lampiran 6 Berat Sampel Selama Proses Pengeringan *Non-Hybrid*

A. Mesin Pengering

Waktu (Jam)	Berat Sampel (g)		
	Rak Atas	Rak Bawah	Rata-Rata
1	53.2	53.2	53.2
2	51.81	52.33	52.07
3	49.86	50.81	50.335
4	47.73	49.13	48.43
5	45.44	47.15	46.295

Lampiran 7 Laju Pengeringan Rata-Rata pada Proses Pengeringan

Waktu pengeringan (menit)	Laju pengeringan (gr H₂O/kg.h)	
	<i>Hybrid</i>	<i>Non-hybrid</i>
0	0.00	0.00
60	0.03	0.03
120	0.06	0.06
180	0.09	0.11
240	0.13	0.15
300	0.17	0.17
360	0.21	0.18

Lampiran 8 Tabel Pengukuran Kadar Air

Lama Pengeringan (Menit)	Kadar air (%)	
	<i>Hybrid</i>	<i>Non-hybrid</i>
0	36.15	36.15
60	31.88	32.38
120	28.08	26.62
180	23.04	20.29
240	17.41	13.21
300	11.96	10.80
360	6.55	9.77
420	0.00	0.00

Lampiran 9. Tabel Suhu, Daya dan Energi pada Proses Pengeringan

Menit	Suhu (hybrid)	Energi (hybrid)	Suhu (<i>non-hybrid</i>)	Energi (<i>non-hybrid</i>)
		kWh		kWh
0	35	0	32	0
60	59	0.30	55	0.40
120	56	0.40	57	0.40
180	59	0.30	58	0.30
240	54	0.30	58	0.40
300	60	0.30	58	0.40

Lampiran 10. Perhitungan Penghematan Energi Listrik

Diketahui : Energi listrik *non-hybrid*, $E_n = 0,3$ kWh

Energi listrik *hybrid*, $E_h = 0,27$ kWh

Ditanyakan : Penghematan, H ?

$$\begin{aligned} \text{Penyelesaian : } H &= \frac{E_n - E_h}{E_n} 100\% \\ &= \frac{0,3 - 0,27}{0,3} \times 100\% \\ &= 10\% \end{aligned}$$

Lampiran 11. Tabel sifat udara [diambil dari Singh dan Heldman, 2009]

No.	S u h u		Density (ρ) (kg/m^3)	Panas Spesifik (C_p) ($\text{kJ/kg } ^\circ\text{K}$)
	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{K}$		
1	30	303,15	1,127	1,013
2	40	313,15	1,092	1,014
3	50	323,15	1,057	1,016
4	60	333,15	1,025	1,017
5	70	343,15	0,996	1,018
6	80	353,15	0,968	1,019

Lampiran 12. Hasil Pengukuran Kecepatan Udara dan Luas Penampang Udara Pengering

Kecepatan udara dan luas penampang udara masuk ke ruang pengering

$$V = 2.35 \text{ m/s (hasil pengukuran)}$$

$$A = P \times L = 6 \text{ cm} \times 6 \text{ cm (hasil pengukuran)}$$

$$= 36 \text{ cm}^2 = 0.0036 \text{ m}^2$$

Kecepatan volume udara pada saluran, $v = 0,00846 \text{ m}^3/\text{s}$

Lampiran 13. Perhitungan Energi Udara Pengering

A. Dengan Mekanisme Hybrid

Diketahui:

- Suhu udara pengering rata-rata, T_a = $55,73 \text{ } ^\circ\text{C}$ ($328,88 \text{ K}$)
- Suhu udara lingkungan rata-rata, T_1 = $30,45 \text{ } ^\circ\text{C}$ ($303,6 \text{ K}$)
- Kecepatan volume udara pada saluran $v = 0,00846 \text{ m}^3/\text{s}$
- Massa jenis udara, ρ = $1,025 \text{ kg/m}^3$
- Panas spesifik udara, C_p = $1,017 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$
- Lama pengeringan, t = 300 menit (18000 s)

Dicari:

Energi yang digunakan untuk memanaskan bahan, Q_{up} ?

Penyelesaian:

$$Q = m \times C_p \times \Delta T = v \times \rho \times C_p \times (T_2 - T_1)$$

$$Q = 0,00846 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,025 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 1,017 \text{ kJ}/\text{kg} \times (328,88 - 303,6) \text{ K}$$

$$= 0,223 \text{ kJ}/\text{s}$$

$$Q_{up} = Q \times t$$

$$= 0,223 \times 18000 = 4012,96 \text{ kJ}$$

$$= 4,013 \text{ MJ}$$

B. Dengan Mekanisme non-Hybrid

Diketahui:

- Suhu udara pengering rata-rata pengering, $T_d = 54,55 \text{ }^\circ\text{C}$ (327,7 K)
- Suhu udara lingkungan rata-rata, $T_{lp} = 31,36 \text{ }^\circ\text{C}$ (304,51 K)
- Kecepatan volume udara pada saluran, $v = 0,00846 \text{ m}^3/\text{s}$
- Massa jenis udara, $\rho = 1,025 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Panas spesifik udara, $C_p = 1,017 \text{ kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$
- Lama pengeringan = 300 menit (18000 s)

Dicari:

Energi yang digunakan untuk memanaskan bahan, Q_{up} ?

Penyelesaian:

a. Oven

$$Q = m \times C_p \times \Delta T = v \times \rho \times C_p \times (T_2 - T_1)$$

$$Q = 0,00846 \times 1,025 \times 1,025 \times 1,017 \times (330,29 - 304,51)$$

$$Q = 0,227 \text{ kJ}/\text{s}$$

$$Q_{upo} = Q \times t = 0,227 \times 18000$$

$$= 4092,33 \text{ kJ}$$

b. pengering

$$Q = m \times C_p \times \Delta T = v \times \rho \times C_p \times (T_1 - T_0)$$

$$Q = 0,00846 \times 1,025 \times 1,017 \times (327,7 - 305,7)$$

$$Q = 0,194 \text{ kJ}/\text{s}$$

$$Q_{upd} = Q \times t = 0,194 \times 18000$$

$$= 3492,29 \text{ kJ}$$

$$Q_{up} = Q_{upo} + Q_{upd}$$

$$Q_{up} = 4092,33 + 3492,29$$

$$Q_{up} = 7584,62 \text{ kJ} = 7,58 \text{ MJ}$$

Lampiran 14. Panas Laten Penguapan pada Suhu 60 °C

$$\begin{aligned} Hfg &= 2501 - (2361 \times 10^{-3})T \\ &= 2501 - (2.361)60 \\ &= 2501 - 141.66 \\ &= 2359.34 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Lampiran 15. Perhitungan Energi yang Diapakan Untuk Pengeringan

A. Pengeringan *Hybrid*

Diketahui:

- Berat awal sagu, W_{awal} = 500 g = 0,5 kg
 - Berat sagu setelah pengeringan, W_{akhir} = 316,4 g = 0,32 kg
 - Beban uap air, W_{uap}
- $$\begin{aligned} W_{uap} &= W_{awal} - W_{akhir} \\ &= 0,5 \text{ kg} - 0,32 \text{ kg} \\ &= 0,18 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dicari:

Energi yang digunakan untuk penguapan, Q_{uap}?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q_{uap} &= W_{uap} \times H_f \\ &= 0,18 \text{ kg} \times 2359,34 \text{ kJ/kg} \\ &= 424,68 \text{ kJ} \end{aligned}$$

B. Pengeringan non-*Hybrid*

- Berat awal sagu, W_{awal} = 500 g = 0,5 kg
- Berat sagu setelah pengeringan, W_{akhir} = 313,2 g = 0,31 kg
- Beban uap air, W_{uap}

$$\begin{aligned} W_{uap} &= W_{awal} - W_{akhir} \\ &= 0,5 \text{ kg} - 0,31 \text{ kg} \\ &= 0,19 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dicari:

Energi yang digunakan untuk penguapan, Q_{uap}?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q_{uap} &= W_{uap} \times H_{fg} \\ &= 0,19 \text{ kg} \times 2359,34 \text{ kJ/kg} \\ &= 448,27 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Lampiran 16. Perhitungan Efisiensi Mesin pada Pengeringan

A. Energi Pengeringan dengan Mekanisme *Hybrid*

Diketahui:

- Kadar air bahan mula-mula, M_0 = 36,15%
- Kadar air akhir bahan rata-rata, M_t = 11,96%
- Suhu mula-mula bahan, T_{b0} = 30 °C = 303,15 °K
- Suhu bahan selama pengeringan, T_{bt} = 39,73 °C = 318,88 °K
- Panas spesifik sagu, Cp_g = 2,32 kJ kg⁻¹ K⁻¹
- Panas spesifik air, Cp_a = 4,2 kJ kg⁻¹ K⁻¹
- Panas laten penguapan pada suhu 60 °C, Hfg = 2359,34 kJ/kg
- Energi listrik yang digunakan, Q_{in} = 0,27 kWh = 0,97 MJ
- Energi udara pengering Q_{up} = 4,013 MJ
- Energi penguapan, Q_{uap} = 424,68 kJ
- Beban uap air, W_{uap} = 0,18 kg
- Berat air, M_a = $\frac{36,15}{100} \times 0,5 = 0,18 \text{ kg}$
- Berat padatan sagu M_s = 0,5 - 0,18 = 0,32 kg
- Panas *sensible* air untuk menaikkan suhu air bahan

$$\begin{aligned} Q_{ag} &= m_{ag} \times Cp_a \times \Delta T \\ &= 0,18 \times 4,2 \times (318,88 - 303,15) \\ &= 11,89 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Panas *sensible* padatan sagu,

$$\begin{aligned} Q_g &= m_g \times Cp_s \times \Delta T \\ &= 0,32 \times 1,96 \times (318,88 - 303,15) \\ &= 9,87 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Panas total yang diperlukan untuk pengeringan bahan

$$\begin{aligned} Q_{out} &= Q_{as} + Q_s + Q_{uap} \\ &= 11,89 + 9,87 + 424,68 \end{aligned}$$

$$= 446,44 \text{ kJ} = 0,46 \text{ MJ}$$

Dicari:

- a. Efisiensi Pengeringan, η_p
- b. Efisiensi termal mesin pengering, η_{ms}

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{a. } \eta_p &= \frac{Q_{out}}{Q_{up}} \times 100\% = \frac{0,46}{4,013} \times 100\% \\ &= 11,46\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \eta_{ms} &= \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% = \frac{0,46}{0,97} \times 100\% \\ &= 47,42\% \end{aligned}$$

B. Energi Pengeringan dengan Mekanisme non-Hybrid

Diketahui:

- Kadar air bahan mula-mula, M_0 = 36,15%
- Kadar air akhir bahan rata-rata, M_t = 9,77%
- Suhu mula-mula bahan, T_{b0} = 34 °C = 307,15 °K
- Suhu bahan selama pengeringan, T_{bt} = 35,27 °C = 308,42 °K
- Panas spesifik sagu, Cp_s = 2,32 kJ kg⁻¹ K⁻¹
- Panas spesifik air, Cp_a = 4,2 kJ kg⁻¹ K⁻¹
- Panas laten penguapan pada suhu 60 °C, Hf = 2359,34 kJ/kg
- Energi listrik yang digunakan, Q_{in} = 0,32 kWh = 1,152 MJ
- Energi udara pengering Q_{up} = 3,49 MJ
- Energi penguapan, Q_{uap} = 448,27 kJ
- Beban uap air, W_{uap} = 0,18 kg
- Berat air, M_a = $\frac{36,15}{100} \times 0,5 = 0,18 \text{ kg}$
- Berat padatan sagu M_s = 0,5 - 0,18 = 0,31 kg
- Panas *sensible* air untuk menaikkan suhu air bahan

$$\begin{aligned} Q_{as} &= m_{as} \times Cp_a \times \Delta T \\ &= 0,18 \times 4,2 \times (308,42 - 307,15) \\ &= 0,96 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Panas *sensible* padatan sagu,

$$Q_s = m_s \times Cp_s \times \Delta T$$

$$= 0,31 \times 2,32 \times (308,42 - 307,15)$$

$$= 0,91 \text{ kJ}$$

- Panas total yang diperlukan untuk pengeringan bahan

$$Q_{out} = Q_{as} + Q_s + Q_{uap}$$

$$= 0,96 + 0,91 + 448,27$$

$$= 450,14 \text{ kJ} = 0,45 \text{ MJ}$$

Dicari:

- Efisiensi Pengeringan,
- Efisiensi termal tungku listrik mesin, η_{tk}
- Efisiensi termal mesin pengering, η_{ms}

Penyelesaian:

- $\eta_p = \frac{Q_{out}}{Q_{up}} \times 100\% = \frac{0,45}{3,49} \times 100\%$
 $= 12,89\%$
- $\eta_{tk} = \frac{Q_{up}}{Q_{in}} \times 100\% = \frac{3,49}{1,152} \times 100\%$
 $= 302,95\%$
- $\eta_{ms} = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% = \frac{0,45}{1,152} \times 100\%$
 $= 39,06 \%$

C. Energi Pengeringan dengan Mekanisme *non-Hybrid*

Diketahui:

- Kadar air bahan mula-mula, M_0 = 36,15%
- Kadar air akhir bahan rata-rata, M_t = 7,2%
- Suhu mula-mula bahan, T_{b0} = 30 °C = 303,15 °K
- Suhu bahan selama pengeringan, T_{bt} = 39,86 °C = 313,01 °K
- Panas spesifik sagu, Cp_s = 2,32 kJ kg⁻¹ K⁻¹
- Panas spesifik air, Cp_a = 4,2 kJ kg⁻¹ K⁻¹
- Panas laten penguapan pada suhu 60 °C, Hf = 2359,34 kJ/kg
- Energi listrik yang digunakan, Q_{in} = 0,28 kWh = 1,008 MJ
- Energi udara pengering Q_{up} = 4092,33 kJ = 4,092 MJ
- Energi penguapan, Q_{uap} = 448,27 kJ
- Beban uap air, W_{uap} = 0,19 kg

- Berat air, M_{as} $= \frac{36,15}{100} \times 0,5 = 0,18 \text{ kg}$

- Berat padatan sagu M_s $= 0,5 - 0,18 = 0,31 \text{ kg}$

- Panas *sensible* air untuk menaikkan suhu air bahan

$$\begin{aligned} Q_{as} &= m_{as} \times C p_a \times \Delta T \\ &= 0,18 \times 4,2 \times (313,01 - 303,15) \\ &= 7,45 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Panas *sensible* padatan sagu,

$$\begin{aligned} Q_s &= m_s \times C p_s \times \Delta T \\ &= 0,18 \times 2,32 \times (313,01 - 303,15) \\ &= 4,12 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Panas total yang diperlukan untuk pengeringan bahan

$$\begin{aligned} Q_{out} &= Q_{as} + Q_s + Q_{uap} \\ &= 7,45 + 4,12 + 448,27 \\ &= 459,84 \text{ kJ} = 0,45 \text{ MJ} \end{aligned}$$

Dicari:

- d. Efisiensi Pengeringan, η_p?
- e. Efisiensi termal tungku listrik mesin, η_{tk} ...?
- f. Efisiensi termal mesin pengering, η_{ms} ...?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{a. } \eta_p &= \frac{Q_{out}}{Q_{up}} \times 100\% = \frac{0,45}{4,092} \times 100\% \\ &= 10\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. } \eta_{tk} &= \frac{Q_{up}}{Q_{in}} \times 100\% = \frac{4,092}{1,008} \times 100\% \\ &= 4,06\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. } \eta_{ms} &= \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% = \frac{0,45}{1,008} \times 100\% \\ &= 44,64\% \end{aligned}$$

Lampiran 17. Dokumentasi Penelitian



Gambar 9. Menyiapkan bahan



Gambar 10. Menimbang bahan



Gambar 11. Menimbang sampel.



Gambar 12. Memasukkan bahan ke dalam alat pengering.



Gambar 13. Menimbang berat kering sampel.



Gambar 14. Menimbang berat kering bahan.