

LAMPIRAN II PERHITUNGAN

1. Perhitungan Desain Rancangan Alat Pengering *Tray Dryer*

Kapasitas = 750 gram chip ubi

Diameter chip ubi = 6 cm

Luas baki = 1764 cm^2

Luas chip ubi $= \frac{1}{2} \pi r^2$
 $= \frac{1}{2} (3,14) 3^2$
 $= 14,13 \text{ cm}^2$

Dari 750 gram chip ubi akan menghasilkan 360 slice (chip)

Maka jumlah baki yang dibutuhkan:

$$360 \text{ chip} \times 14,13 \text{ cm}^2 = 5086,8 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jumlah baki} = \frac{5086,8 \text{ cm}^2}{1764 \text{ cm}^2} = 2,9 \sim 3$$

Perhitungan desain rancangan kolektor termal

panas yang dibutuhkan untuk menguapkan air yang terdapat didalam chip

Diketahui:

Massa chip = 750 gram = 0,75 kg

$T_{\text{awal chip}} = 30^\circ\text{C}$

$T_{\text{akhir chip}} = 50^\circ\text{C}$

$$C_p = 1,59 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\lambda = 2358,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Massa air = $68,5\% \times 0,75 \text{ kg} = 0,51 \text{ kg}$

Panas Sensibel:

$$\begin{aligned} Q &= m \times C_p \times \Delta t = 0,75 \text{ kg} \times 1,59 \times \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times (50^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) \\ &= 23,85 \text{ kJ} \\ &= 23850 \text{ joule} \end{aligned}$$

Panas Laten:

$$Q = m \times \lambda = 0,51 \text{ kg} \times 2358,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$= 1203,039 \text{ kJ}$$

$$= 1203039 \text{ joule}$$

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{Sensibel}} + Q_{\text{Laten}}$$

$$= 23850 \text{ joule} + 1203039 \text{ joule}$$

$$= 1226889 \text{ joule}$$

$$\text{Intensitas Matahari} = 244,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad (\text{Sumber: BMKG, 2016})$$

$$\text{Waktu penyinaran} = 6 \text{ jam} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{jam}} = 21600 \text{ s}$$

$$Q = 244,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} 21600 \text{ s}$$

$$= 5281200 \frac{\text{J}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Lebar dryer} = 0,46 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas kolektor termal dryer yang dibutuhkan} &= \frac{Q_{\text{Total}}}{Q} \\ &= \frac{1226889 \text{ joule}}{5281200 \frac{\text{J}}{\text{m}^2}} = 0,2323 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Maka panjang yang dibutuhkan} = \frac{0,2323 \text{ m}^2}{0,46 \text{ m}} = 0,505 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkan spesifikasi model rancangan desain alat pengering sebagai berikut:

Tabel 26. Desain Alat Pengering Rancang Bangun Penelitian

Alat Pengering Tipe <i>Solar Dryer</i>		
1	Sumber energi	Kolektor termal
2	Dimensi	Kolektor termal (1090×430×180) mm Ruang pengering (450×430×390) mm
3	Kemiringan kolektor termal	15°
5	Sumber panas	Matahari
8	Fan	Ceiling Fan 12 V DC; 0,15 A; 2000-4000 rad/menit
9	Ruang pengering	Rak bersusun 3 dengan dimensi (400 x 400) mm
10	Kapasitas ruang pengering	750 Gr

2. Menghitung Kadar Air Awal Ubi Ungu

Massa cawan kosong (m1) = 38,2121 gr

Massa cawan + sampel basah (m2) = 43,2196 gr

Massa cawan + sampel kering (m3) = 40,7373 gr

Sehingga,

Massa sampel basah (w1) = 5,0075 gr

Massa sampel kering (w2) = 2,5252gr

Maka,

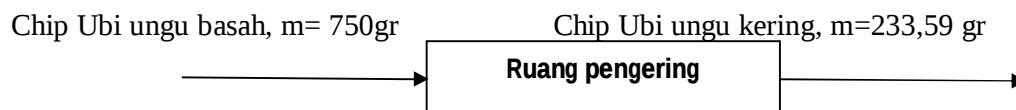
$$\begin{aligned}\text{Kadar air awal} &= \frac{w1-w2}{w1} \times 100 \% \dots (\text{Mc. Cabe 2005}) \\ &= \frac{5,0075 \text{ gr} - 2,5252 \text{ gr}}{5,0075 \text{ gr}} \times 100 \% \\ &= 49,5723 \%\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama diperoleh % kadar air awal *chips* ubi ungu pada penelitian selanjutnya untuk pengambilan data sebanyak 5 kali percobaan dengan waktu yang berbeda:

Tabel 27. % Kadar air Awal Ubi Ungu

Tanggal	% Kadar air
11 April 2016	49,5723
14 April 2016	81,5320
20-April-2016	57,5899
27-April-2016	64,9204
03-Mei-2016	66,6667

3. Menghitung Jumlah Air yang diuapkan



Gambar 22. Diagram Proses Pengeringan *Chips* Ubi Ungu

Waktu pengeringan = 4 jam

Berat total ubi ungu basah (w1) = 750 gr

Berat total ubi ungu kering (w2) = 221,62 gr

Berat awal air pada ubi ungu (w3) = 81,53% × 750 gr

$$= 611,48 \text{ gr}$$

$$\text{Berat air yang menguap dalam ubi ungu (w4)} = 750 - 221,62 \text{ gr}$$

$$= 528,38 \text{ gr}$$

Dengan cara yang sama diperoleh % kadar air yang menguap pada penelitian selanjutnya untuk pengambilan data sebanyak 5 kali percobaan dengan waktu yang berbeda:

Tabel 28. Penurunan Kadar Air *Chips* Ubi Ungu

Waktu	Berat Awal Sampel (gr)	Berat Akhir Sampel (gr)	Berat Air yang Menguap (gr)	Kadar Air yang Menguap (%)
2	750	233,59	516,41	68,85
4	750	221,62	528,38	70,45
6	750	226,60	523,39	69,79
8	750	279,73	470,87	62,70
10	750	291,52	458,49	61,13

Berat air yang tersisa dalam chips ubi ungu setelah pengeringan

$$= W3 - W4$$

$$= (611,48 - 528,38) \text{ gr}$$

$$= 83,1 \text{ gr}$$

% kadar air dalam chips ubi ungu setelah pengeringan

$$= \frac{83,1 \text{ gr}}{221,62 \text{ gr}} \times 100\% = 37,49 \%$$

Dengan cara yang sama diperoleh % kadar air dalam chips ubi ungu pada penelitian selanjutnya untuk pengambilan data sebanyak 5 kali percobaan:

Tabel 29. Persentase Penurunan Kadar Air *Chips* Ubi Ungu

Waktu	Berat Air yang Menguap (gr)	Berat Air Sisa setelah Pengeringan (gr)	Kadar Air Sisa setelah Pengeringan (%)
2	516,41	83,1	37,49
4	528,38	144,64	65,26
6	523,39	91,55	40,40
8	470,87	16,63	5,95
10	458,49	41,55	14,25

4. Menghitung Laju Pengeringan Chips Ubi Ungu

Adapun perhitungan dalam penentuan laju pengeringan *chips* ubi ungu adalah sebagai berikut:

Perhitungan pada percobaan dengan variasi waktu

Tabel 30. Data Pengamatan untuk penentuan laju pengeringan

Tanggal	Waktu	Tbb (oC)	Tbk (oC)	H	Rc
11-Apr-16	0	28	33		
	22,5	31	38		
	45	30	36		
	67,5	30	33		
	90	29	31		
14-Apr-16	0	28	33		
	45	29	34		
	90	27,5	35		
	135	29	43		
	180	29	32		
20-Apr-16	0	28	33		
	67,5	27,5	32		
	135	27	32		
	202,5	27	34		
	270	28	31,5		
27-Apr-16	0	28	33		
	90	30	38		
	180	28	41		
	270	28	33		
	360	26	30		
03-Mei-16	0	28	33		
	112,5	32	36		
	225	32	40		
	337,5	29	32		
	450	28	30		

5. Menentukan harga H (*humidity*)

Dengan menggunakan harga temperatur bola basah dan bola kering dari derajat celcius, maka harga kelembaban (*humidity*) dapat ditentukan dengan cara melihat *Psychrometric Chart*. Dengan mencocokkan perpotongan antara

temperatur bola basah dan bola kering yang telah diketahui maka diperoleh harga humidity sebagai berikut:

Tabel 31. Data Humidity Chart Percobaan 2 Jam

Waktu (jam)	Tbb (°C)	Tbk (°C)	H
0	28	33	0,022
22,5	31	38	0,026
45	30	36	0,0249
67,5	30	33	0,026
90	29	31	0,0249

Tabel 32. Data Humidity Chart Percobaan 4 Jam

Waktu (jam)	Tbb (oC)	Tbk (oC)	H
0	28	33	0,022
45	29	34	0,0238
90	27,5	35	0,023
135	29	43	0,0199
180	29	32	0,0248

Tabel 33. Data Humidity Chart Percobaan 6 Jam

Waktu (jam)	Tbb (oC)	Tbk (oC)	H
0	28	33	0,022
67,5	27,5	32	0,0216
135	27	32	0,021
202,5	27	34	0,02
270	28	31,5	0,029

Tabel 34. Data Humidity Chart Percobaan 8 Jam

Waktu (jam)	Tbb (oC)	Tbk (oC)	H
0	28	33	0,022
90	30	38	0,0249
180	28	41	0,019
270	28	33	0,022
360	26	30	0,0199

Tabel 35. Data Humidity Chart Percobaan 10 Jam

Waktu (jam)	Tbb (oC)	Tbk (oC)	H
0	28	33	0,022
112,5	32	36	0,029
225	32	40	0,0272
337,5	29	32	0,0248
450	28	30	0,0247

6. Menghitung Nilai Kebasahan (X)

Nilai kebasahan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$X = X_t - X^*$$

$$X_t = \frac{(\text{massa sampel basah} - \text{massa sampel kering})}{\text{massa sampel kering}}$$

Dimana,

X_t = Kadar air bebas (Free Moisture)

X^* = Kadar air Kesetimbangan

Sehingga,

$$X_t = \frac{(\text{massa sampel basah} - \text{massa sampel kering})}{\text{massa sampel kering}}$$

$$= \frac{(112,9233 \text{ gr} - 22,3667 \text{ gr})}{22,3667 \text{ gr}}$$

$$= 4,0487 \text{ Kg H}_2\text{O/Kg zat padat kering}$$

$$X = X_t - X^*$$

$$= (4,0487 - 0,65) \text{ Kg H}_2\text{O/Kg zat padat kering}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan:

Tabel 36. Data nilai kebasahaan

waktu	berat basah	berat kering	XT	X*	X
0	112,9233	22,3667	4,048733	0,65	3,398733
22,5	70,3267	22,3667	2,144262	0,65	1,494262
45	45,3500	22,3667	1,027571	0,65	0,377571
67,5	34,5867	22,3667	0,546349	0,65	-0,10365
90	27,8033	22,3667	0,24307	0,65	-0,40693
0	73,2667	14,7833	3,956032	0,65	3,306032
45	66,4033	14,7833	3,49177	0,65	2,84177
90	44,4133	14,7833	2,004284	0,65	1,354284
135	27,2333	14,7833	0,842165	0,65	0,192165
180	19,7833	14,7833	0,338219	0,65	-0,31178
0	97,3067	22,3000	3,363528	0,65	2,713528
67,5	57,2600	22,3000	1,567713	0,65	0,917713
135	41,8167	22,3000	0,875187	0,65	0,225187
202,5	32,3467	22,3000	0,450523	0,65	-0,19948
270	27,3000	22,3000	0,224215	0,65	-0,42578
0	174,6500	47,6900	2,662193	0,65	2,012193
90	141,2200	47,6900	1,961208	0,65	1,311208
180	97,4033	47,6900	1,042427	0,65	0,392427
270	60,2067	47,6900	0,262459	0,65	-0,38754
360	52,6900	47,6900	0,104844	0,65	-0,54516
0	181,8133	66,6000	1,72993	0,65	1,07993
112,5	142,3967	66,6000	1,138088	0,65	0,488088
225	102,8967	66,6000	0,544995	0,65	-0,10501
337,5	81,8833	66,6000	0,229479	0,65	-0,42052
450	71,6000	66,6000	0,075075	0,65	-0,57492

7. Menghitung Laju Pengeringan (Rc) dengan menggunakan berat bahan

$$\begin{aligned}
 R_c &= -\frac{\Delta W}{\Delta X} \times \frac{1}{A} \\
 &= -\frac{85,1200}{3,0954} \times \frac{1}{0,0843} \\
 &= 0,2071 \text{ kg/ m}^2 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan:

Tabel 37. Data Harga Laju Pengeringan dengan massa bahan

Waktu	Laju (kg/ m ² jam)
2	0,207191
4	0,058923
6	0,04564
8	0,044465
10	0,016042

8. Menghitung perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi untuk mendapatkan laju pengeringan.

Menghitung nilai V_h

$$V_h = (2,83 \times 10^{-3} + 4,56 \times 10^{-3} \times H) T$$

H = Humidity

T = suhu (K)

Sehingga,

$$\begin{aligned} V_h &= (2,83 \times 10^{-3} + 4,56 \times 10^{-3} \times 0,02476) \times (34,2 + 273) K \\ &= 0,904061 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan:

Tabel 38. Data Harga nilai V_h

waktu (jam)	V_h
2	0,904061
4	0,925887
6	0,921738
8	0,921909
10	0,921909

Menghitung nilai density

$$\rho_g = (1 + H) / V_h$$

Sehingga,

$$\rho_g = (1 + 0,02476) / 0,904061$$

Dengan cara yang sama, didapatkan:

Tabel 39. Data Harga nilai ρg

waktu (jam)	ρg
2	1,133508
4	1,104563
6	1,109556
8	1,108092
10	1,111801

Menghitung nilai Kecepatan udara (G)

$$G = V \times \rho g$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} G &= 138 \text{ m/s}^2 \times 1,133508 \text{ kg/ m}^3 \\ &= 156,4241 \text{ kg/ m}^2 \text{ s}^2 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan:

Tabel 40. Data Harga nilai G

waktu (jam)	G
2	156,4241
4	152,4297
6	153,1187
8	152,9167
10	153,4285

Menghitung perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi

Konduksi

$$Q = \frac{K \times A \times (T_2 - T_1)}{X}$$

Dimana:

Q = laju perpindahan panas secara konduksi (J)

K = Konduktivitas termal (J/m °C)

A = Luas Penampang kolektor termal (°C)

T1 = Temperatur lingkungan (°C)

T2 = Temperatur absorber kolektor (°C)

X = Ketebalan kaca (m)

Perpindahan panas secara Konduksi pada waktu 2 jam

$$Q = \frac{200 \frac{\text{J}}{\text{m}} \times 0,2323 \text{ m}^2 \times (37,162 - 33^\circ\text{C})}{0,005 \text{ m}}$$

$$= 38673,3 \text{ J} = 38,6733 \text{ KJ}$$

Dengan cara yang sama diperoleh perhitungan perpindahan panas secara konduksi pada penelitian selanjutnya untuk pengambilan data sebanyak 5 kali percobaan dengan waktu yang berbeda:

Tabel 41. Data Harga nilai Q_{konduksi}

waktu (jam)	Q konduksi (KJ)
2	38,6733
4	89,42621
6	76,1944
8	82,01119
10	65,58294

Perpindahan panas secara Konveksi pada waktu 2 jam

$$\Delta T = \frac{37,162 + 33}{2} = 308,081 \text{ K}$$

$$T = 300, V = 15,690 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K = 0,02624 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$\text{Pr} = 0,78$$

$$G = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$T = 350, V = 20,760 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K = 0,03003 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$\text{Pr} = 0,697$$

$$G = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Interpolasi

$$V = 15,690 \times 10^{-6} + \left(\frac{308,081 - 300}{350 - 300} \right) \times (20,760 \times 10^{-6} - 15,690 \times 10^{-6})$$

$$= 16,51 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K = 0,02624 + \left(\frac{308,081 - 300}{350 - 300} \right) \times (0,03003 - 0,02624)$$

$$= 0,0268 \text{ W/ m}^2\text{°C}$$

$$Pr = 0,78 + \left(\frac{308,081 - 300}{350 - 300} \right) \times (0,78 - 0,697)$$

$$= 0,793$$

$$\beta = \frac{1}{T}$$

$$= 1/308,081$$

$$= 0,00324 \text{ K}^{-1}$$

$$Gr = \frac{G \times \beta \times T \times L^3}{\nu^2}$$

$$= \frac{9,8 \times 0,00324 \times (37,162 - 33) \times (0,05)^3}{16,51 \times 10^{-6}^2}$$

$$= 60602,28$$

$$Gr \times Pr = 60602,28 \times 0,78$$

$$= 48057,62$$

$$Nu = 0,1 \times (Gr \times Pr)^{0,3333}$$

$$= 0,1 \times (48057,62)^{0,3333}$$

$$= 3,6344$$

$$h = \frac{Nu \times K}{L}$$

$$= \frac{3,6344 \times 0,0268}{0,05}$$

$$= 1,948$$

$$Q = h \times A \times (T - T_{ref})$$

$$= 1,948 \times 0,2323 \times (37,162 - 33)$$

$$= 1,883 \times 8 \times 3,6$$

$$= 54,24 \text{ KJ}$$

Dengan cara yang sama diperoleh perhitungan perpindahan panas secara konveksi pada penelitian selanjutnya untuk pengambilan data sebanyak 5 kali percobaan dengan waktu yang berbeda:

Tabel 42. Data Harga nilai Q konveksi

waktu (jam)	Q konveksi (KJ)
2	54,24
4	165,176
6	133,89
8	147,46
10	109,41

Perpindahan panas secara Radiasi pada waktu 2 jam

$$Q = \sigma \times \varepsilon \times (T_1^4 - T_2^4)$$

$$Q = 5,669 \times 10^{-8} \times 0,95 \times (37,162^4 - 33^4)$$

$$= 3,88 \times 10^{-5} \text{ KJ}$$

Dengan cara yang sama diperoleh perhitungan perpindahan panas secara konveksi pada penelitian selanjutnya untuk pengambilan data sebanyak 5 kali percobaan dengan waktu yang berbeda:

Tabel 43. Data Harga nilai Q radiasi

waktu (jam)	Q radiasi(KJ)
2	0,0000388
4	11,38968
6	9,13056
8	10,09537
10	7,4803

9. Menghitung laju pengeringan dengan rumus perpindahan panas

Laju pengeringan untuk waktu 2 jam

$$R_c = \frac{h \times (T - T_w)}{\rho_w} \times 3600$$

$$= \frac{92,91 \times (34,2 - 29,6)}{2442,92} \times 3600$$

$$= 0,6298 \text{ kg/ m}^2 \text{ jam}$$

Dengan cara yang sama diperoleh perhitungan laju pengeringan menggunakan perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi pada penelitian selanjutnya untuk pengambilan data sebanyak 5 kali percobaan dengan waktu yang berbeda:

Tabel 44. Data Harga nilai *laju pengeringan* dengan suhu

Waktu (jam)	RC (kg/ m ² jam)
2	0,6298333
4	1,18634041
6	1,61782258
8	2,47888534
10	2,71171882

10. Menghitung Efisiensi Pengeringan

Kalor yang digunakan untuk pengeringan kandungan air dari ubi kayu dinyatakan: $Q_c = (m_b - m_k) \times h_{fg}$

dimana:

m_b = massa ubi kayu yang akan dikeringkan (kg)

m_k = massa ubi kayu yang sudah dikeringkan (kg)

h_{fg} = entalpi penguapan pada temperatur rata-rata (KJ/Kg)

Energi radiasi yang tiba di alat pengering dinyatakan dalam persamaan:

$$Q_{rs} = A \times I_r \times t$$

dimana:

A = Luas pelat kolektor (m²)

I_r = intensitas radiasi matahari (W/m²)

t = selisih antara waktu akhir pengeringan dengan awal pengeringan (s).

Persamaan efisiensi pengeringan dapat ditulis sebagai berikut:

$$np = \frac{Q_c}{Q_{rs}} \times 100\%$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Q_c &= (97,3067 - 27,3000) \text{ kg} \times 2404,02 \text{ KJ/Kg} \\ &= 168297,4 \text{ Kj} \end{aligned}$$

$$Q_{rs} = 0,08436 \text{ m}^2 \times 148,6 \text{ W/ m}^2 \times (6 \times 3600) \text{ jam}$$

$$= 270794,6 \text{ Kj}$$

$$N_p = \frac{Q_c}{Q_{rc}} \times 100 \%$$

$$= \frac{168297,4 \text{ Kj}}{270794,6 \text{ Kj}} \times 100$$

$$= 62,14947 \%$$