

## PENENTUAN PANAS LATEN KAKAO

### *Prediction of the Latent Heat of Cocoa Beans*

Lamhot Manalu<sup>1)</sup>, Bambang Haryanto<sup>1)</sup>, Amin Rejo<sup>2)</sup>, Momon Rusmono<sup>3)</sup>,  
Emmy Darmawati<sup>4)</sup> dan Kamaruddin Abdullah<sup>4)</sup>

#### ABSTRACT

*In most drying applications the latent heat is determined by considering the evaporation of free water as given in the steam tables. The use of these data for latent heat, especially with crops at a low moisture content, presents considerable error. The equilibrium moisture data may be used as a basis for determining the latent heat. This paper presents the latent heat of cocoa beans that was determined from equilibrium moisture data. The Hasley, Henderson and Chung-Pfost equations are used to represent the desorption isotherms of cocoa beans in the temperature range investigated. The Henderson equation is the best fit to represent the desorption isotherms of cocoa beans. The result shows that the latent heat of cocoa beans is 1.01-1.61 times the latent heat of free water, that is 2365.61-3924.42 kJ/kg.*

#### PENDAHULUAN

Panas laten penguapan didefinisikan sebagai energi panas yang dibutuhkan untuk menguapkan satu satuan massa air pada tekanan konstan. Dalam perhitungan proses pengeringan, panas laten ditentukan dengan menggunakan nilai panas penguapan air bebas yang diperoleh dari tabel uap. Penggunaan cara ini terutama untuk hasil pertanian seperti biji-bijian dapat mengakibatkan kesalahan perhitungan karena panas laten biji-bijian lebih tinggi dari air bebas.

Pada produk pertanian panas laten penguapan dipengaruhi oleh suhu dan kadar air. Selama proses penguapan, kadar air dan suhu bahan akan berubah sehingga diperlukan suatu cara untuk menentukan nilai panas laten produk pada berbagai suhu dan kadar air. Metode yang

sederhana dan cukup akurat telah diajukan oleh Othmer dalam Hall (1957) yang didasarkan pada persamaan Clausius-Clapeyron. Persamaan tersebut dikembangkan untuk mendapatkan hubungan tekanan uap dan panas laten dari dua bahan pada suhu yang sama.

Makalah ini menyajikan perhitungan panas laten penguapan biji kakao berdasarkan metode Othmer dengan memakai model persamaan desorpsi Henderson. Data kadar air keseimbangan dinamis didapatkan dari penelitian Talib, Daud dan Ibrahim (1995).

#### BAHAN DAN METODA

Metode yang digunakan oleh Talib *et al.* dalam menentukan kadar air keseimbangan kakao adalah dengan pengeringan lapisan tipis secara dinamis. Bahan yang dipakai adalah biji kakao dari Perkebunan

<sup>1</sup> Peneliti BPP Teknologi

<sup>2</sup> Staf Pengajar Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

<sup>3</sup> Staf Pengajar APP Bogor

<sup>4</sup> Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian IPB

Golden Hope Selangor Malaysia yang telah difermentasi selama dua hari. Sampel kemudian dikeringkan sampai tercapai kadar air keseimbangannya dengan memakai lemari pengering (Isuzu tipe  $\mu$ -2501) dimana kelembaban nisbi (RH) dan suhu dijaga tetap konstan dan sampel dikenakan aliran udara dengan kecepatan 1.0 m/detik selama 24 jam (Talib *et al.*, 1995). Selang suhu dan RH pada penelitian ini masing-masing adalah 20-70° C dan 20-90%. Setelah tercapai keseimbangan, kadar air sampel diukur dengan cara mengeringkan sampel yang sudah dihancurkan dalam oven pada suhu 103° C selama 16 jam.

**PERSAMAAN DESORPSI ISOTERMIS**

Persamaan desorpsi isotermis yang dipakai adalah model persamaan Hasley, Henderson dan Chung-Pfost. Persamaan-persamaan tersebut menggambarkan hubungan antara kelembaban nisbi (RH) dengan kadar air keseimbangan (Me) dan suhu (T). Model persamaan tersebut berturut-turut adalah (Talib *et al.*, 1995; Hall, 1957; Henderson and Perry, 1976; Brooker, Bakker-Arkema and Hall, 1974) :

$$RH = \exp(-A2 / T Me^{A1}) \tag{1}$$

$$1 - RH = \exp(-B2 T Me^{B1}) \tag{2}$$

$$RH = \exp[-C1/T \exp(-C2 Me)] \tag{3}$$

dimana A1, A2, B1, B2, C1 dan C2 adalah konstanta umum bagi masing-masing model persamaan di atas. Dengan manipulasi secara sederhana dan pemakaian metode kuadrat terkecil (*least square method*), konstanta-konstanta tersebut dapat ditentukan.

**PANAS LATEN KAKAO**

Panas laten penguapan air dari dalam suatu bahan tidak tepat bila ditentukan langsung dari tabel uap. Oleh karena itu penentuan panas laten penguapan untuk hasil pertanian seperti biji kakao didasarkan pada persamaan Clausius-Clapeyron (Hall, 1957) sebagai berikut :

$$\frac{dP}{dT} = \frac{Hfg}{(V - v)T} \tag{4}$$

dimana V dan v adalah volume molar spesifik uap jenuh dan cairan jenuh, Hfg adalah panas laten penguapan, sedangkan P dan T adalah tekanan dan suhu.

Persamaan (4) dapat dikembangkan menjadi suatu persamaan yang menggambarkan hubungan tekanan uap air dan panas laten dari dua bahan pada kondisi suhu yang sama, dalam hal ini adalah kakao (Hfg) dan air bebas (Hfgs), yaitu :

$$\frac{Hfg}{Hfgs} = \frac{Ln(pv_2) - Ln(pv_1)}{Ln(ps_2) - Ln(ps_1)} \tag{5}$$

Tekanan uap air pada keadaan jenuh ( $ps_2, ps_1$ ) ditentukan dari Tabel Uap, sedangkan tekanan uap air kakao ( $pv_1$  dan  $pv_2$ ) ditentukan dengan persamaan (6) dimana RH keseimbangan ditentukan dengan persamaan desorpsi (1), (2) atau (3).

$$pv = ps \times RH \tag{6}$$

Dengan demikian rasio Hfg/Hfgs pada persamaan (5) dapat ditentukan. Untuk mendapatkan panas laten kakao (Hfg), rasio tersebut dikalikan dengan panas laten air bebas (Hfgs) dimana nilainya ditentukan dengan persamaan panas laten air bebas jenuh (ASAE Standard, 1994) sebagai berikut :

$$Hfgs = 2502.535 - 2.385(T-273) \tag{7}$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data pengukuran kadar air keseimbangan tercantum pada Tabel 1. Hasil percobaan pengeringan kakao di dalam lemari pengering menunjukkan kondisi keseimbangan tercapai setelah 16 jam pengeringan (Talib *et al.*, 1995).

Tabel 1. Data percobaan pengukuran kadar air keseimbangan (Me) biji kakao (Talib et al., 1995).

RH	Suhu (°C)					
	20	30	40	50	60	70
0.3				0.0779	0.0772	0.0539
0.4			0.1491	0.1089	0.0784	0.0577
0.5	0.3800	0.2284	0.1596	0.1065	0.0833	0.0646
0.6	0.3898	0.2406	0.1753	0.1180	0.0861	0.0785
0.7	0.3983	0.2554	0.1672	0.1295	0.1067	0.0911
0.8	0.4197	0.3009	0.1895	0.1590	0.1444	0.1184
0.9	0.4929	0.4028	0.2811	0.2594	0.2284	0.1605

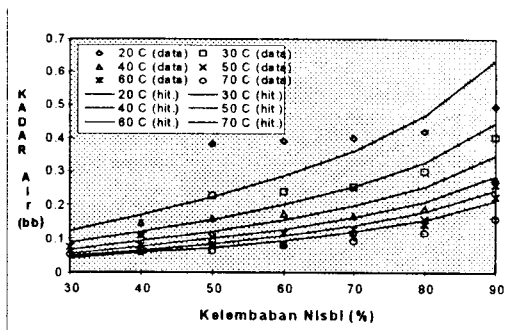
Dari Tabel 1 di atas terlihat bahwa Me semakin tinggi dengan meningkatnya RH, sebaliknya Me semakin rendah dengan meningkatnya suhu. Dengan kata lain nilai Me berbanding lurus dengan RH dan berbanding terbalik dengan suhu. Dari data pada Tabel 1 tersebut dihitung konstanta persamaan (1), (2) dan (3) dengan metode kuadrat terkecil dan didapatkan nilai-nilai seperti pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Nilai konstanta persamaan desorpsi.

Hasley :  $A_1 = 1.3314, A_2 = 1.4603$   
 $(R^2 = 0.78; SD = 0.0897)$   
 Henderson :  $B_1 = 1.1487, B_2 = 0.1936$   
 $(R^2 = 0.86; SD = 0.0532)$   
 Chung :  $C_1 = 59.623, C_2 = 6.5663$   
 $(R^2 = 0.71; SD = 0.0787)$

Dengan diketahuinya konstanta persamaan (1), (2) dan (3) maka dapat ditentukan Me bila RH dan T diketahui, atau menghitung nilai RH bila nilai kadar air dan T diberikan. Secara umum model persamaan Hasley, Henderson dan Chung-Pfost telah dapat menjelaskan hubungan antara Me, RH dan suhu dengan baik. Sedangkan bila ditinjau dari jumlah kesalahannya (*error*), maka persamaan Henderson yang terbaik (Gambar 1).

Selanjutnya perhitungan panas laten kakao didasarkan pada model persamaan desorpsi Henderson. Hasil perhitungan untuk selang kadar air 7-49 % dan selang suhu 20-70° C disajikan pada Tabel 3.



Gambar 1. Kurva desorpsi isotermis kakao berdasarkan Persamaan Henderson

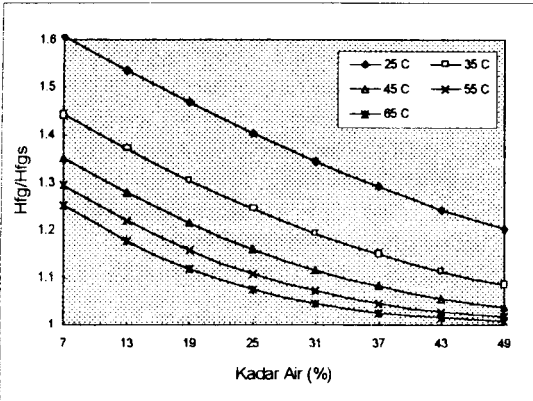
Tabel 3. Nilai panas laten kakao (kJ/kg) pada berbagai suhu dan kadar air.

Kadar Air (%)	Suhu (°C)				
	25	35	45	55	65
7	3924.4	3488.2	3236.4	3066.5	2940.4
13	3752.9	3314.6	3061.4	2890.8	2764.6
19	3585.5	3152.4	2905.6	2742.5	2624.5
25	3427.7	3007.8	2774.9	2626.1	2522.1
31	3282.6	2883.0	2670.1	2539.8	2452.5
37	3151.7	2778.4	2589.2	2479.0	2408.0
43	3035.5	2692.9	2528.9	2438.1	2381.1
49	2934.0	2624.6	2485.4	2411.7	2365.6

Hubungan rasio Hfg/Hfgs terhadap kadar air berdasarkan persamaan Henderson terlihat pada Gambar 2. Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin rendah suhu dan kadar air maka ratio panas laten kakao terhadap air bebas makin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa panas atau energi yang diperlukan untuk menguapkan air dari bahan semakin banyak pada suhu dan kadar air rendah, rasionya (Hfg kakao dan Hfgs air bebas) bervariasi antara 1.01-1.61.

Hasil pengukuran yang didasarkan pada model Henderson menunjukkan bahwa pada suhu 25° C dan kadar air 7% diperlukan energi untuk penguapan air dalam kakao 1.61 kali lebih besar dari air bebas. Atau, pada kondisi tersebut diperlukan energi 3924.42 kJ/kg kakao dibandingkan 2442.91 kJ/kg air bebas. Sedangkan untuk suhu dan kadar air yang

lebih tinggi (70° C dan 49%) rasio Hfg/Hfgs mempunyai nilai lebih rendah yaitu 1.01.



Gambar 2. Rasio Hfg/Hfgs pada berbagai tingkat suhu (ref. Persamaan Henderson).

Untuk menggambarkan hubungan rasio Hfg/Hfgs terhadap kadar air dan suhu dipakai model persamaan empiris (Hall, 1957) sebagai berikut :

$$Hfg/Hfgs = 1 + a \exp(-b T M) \quad (8)$$

Nilai konstanta a dan b dihitung dengan *least square method*, masing-masing adalah 0.729682 dan 0.136145 ( $R^2 = 0.97$ ; SD = 0.05595).

### KESIMPULAN

1. Model persamaan Henderson untuk desorpsi isotermis kakao adalah :

$$1 - RH = \exp(-0.1936 T M e^{1.1487}) \quad (9)$$

2. Pada selang suhu 20-70° C dan kadar air 7-49% rasio hitung Hfg/Hfgs bervariasi antara 1.01-1.61. Panas laten

kakao dapat dihitung berdasarkan ratio Hfg/Hfgs dimana model persamannya adalah :

$$Hfg/Hfgs = 1 + 0.7297 \exp(-0.1361 T M) \quad (10)$$

3. Nilai panas laten kakao (berdasarkan persamaan Henderson) pada suhu 20° C dan kadar air 7% adalah 3924.42 kJ/kg, sedangkan pada 70° C dan 49% adalah 2365.61 kJ/kg, sedangkan panas laten air bebas pada kondisi tersebut adalah 2442.91 kJ/kg dan 2347.51 kJ/kg.

### PUSTAKA

Brooker, D.B., F.W. Bakker-Arkema and C.W. Hall. 1974. Drying Cereal Grains. The AVI Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut.

Hall, C.W. 1957. Drying Farm Crops. Agricultural Consulting Associate Inc., Michigan.

Henderson, B.M. and R.L. Perry. 1976. Agricultural Process Engineering. The AVI Pub. Co. Inc., Westport, Connecticut.

Mohsenin, N.N. 1980. Thermal Properties of Foods and Agricultural Materials. Gordon and Breach Science Pub., New York.

Talib, M.Z.M., W.R. Daud and M.H. Ibrahim. 1995. Moisture Desorption Isotherms of Cocoa Beans. Transactions of ASAE, Vol. 38(4): 1153-1155.