

PENENTUAN SIFAT TERMOFISIK MAHKOTA DEWA (*THERMAL PROPERTIES OF Phaleria macrocarpha*)

¹Lamhot P. Manalu, ²Wahyu Purwanto
Pusat Teknologi Agroindustri BPPT
Gd. 2 Lt. 17 Jl. Thamrin 8 Jakarta 10340
E-mail: lpmanalu@yahoo.com

Abstract

The most important limitation in process design for agricultural products is the lack of information on their thermal properties. Although a lot of experimental data can be found, the variety of products and the differences in measurement method make limitation on the value of the available data, especially for Indonesia's products. These data are needed to get information about temperature change when a product was processed by heating or cooling. The data are important for optimizing the efficiency of energy used in the process. The objective of this study is to determine thermal diffusivity and conductivity of mahkota dewa or crown of god (Phaleria macrocarpha). The values were determined numerically with indirect methods. The result shows that thermal conductivity of mahkota dewa is 0.1359 W/m°C, while its thermal diffusivity is 4.11x10⁻⁸ m²/s.

Kata kunci : sifat panas, mahkota dewa, panas jenis, konduktivitas, difusivitas panas

1. PENDAHULUAN

Produk pertanian termasuk tanaman obat merupakan produk yang mudah rusak sehingga diperlukan cara-cara penanganan pascapanen yang lebih baik untuk dapat memperpanjang umur simpan. Perlakuan pendinginan adalah cara yang biasa dilakukan untuk memperpanjang umur simpan sekaligus mempertahankan kualitas produk dengan syarat suhu, waktu dan parameter pendinginan lainnya sesuai dengan karakteristik produk yang didinginkan (Rizvi, 2005). Demikian juga dengan perlakuan panas baik menggunakan air panas, uap panas maupun kombinasi keduanya merupakan perlakuan pendahuluan dalam penanganan segar sayuran dan buah-buahan untuk menekan pertumbuhan mikroorganisme seperti jamur (Mayor and Sereno, 2004).

Untuk merancang sistem pendinginan dan pemanasan yang baik dan tepat untuk komoditas pertanian, perlu diketahui karakteristik atau properti termofisik (*thermal properties*) masing-masing produk. Hal ini dapat dipahami mengingat pendinginan dan perlakuan panas berkaitan erat dengan proses pindah panas. Sifat panas akan menentukan karakteristik perubahan suhu produk sehingga dapat ditentukan kebutuhan energi dan waktu perlakuan secara tepat (Weidenfeller, 2004). Nilai difusivitas panas bahan merupakan salah satu sifat panas yang dibutuhkan untuk menduga laju perubahan suhu bahan sehingga dapat ditentukan waktu optimum yang dibutuhkan dalam proses pengolahan, pengeringan atau

pendinginan (Singh and Goswami, 2000). Dengan mengetahui waktu optimum tersebut, selain dapat menghindarkan terjadinya kerusakan bahan juga dapat menghemat penggunaan energi.

Mahkota Dewa (*Phaleria macrocarpa*) dikenal sebagai salah satu tanaman obat Indonesia yang berasal dari Papua/Irian Jaya. Tanaman atau pohon mahkota dewa ditanam sebagai tanaman peneduh, ukurannya tidak terlalu besar dengan tinggi sekitar 1,5 - 5 meter dengan batang berwarna cokelat kehijauan. Daunnya tunggal, lonjong memanjang berujung lancip. Sementara buahnya berwarna merah menyala yang tumbuh dari batang utama hingga ke ranting berbentuk bulat dengan ukuran bervariasi. Buah muda warnanya hijau. Sedangkan yang sudah tua berwarna merah marun. Buah mahkota dewa biasanya mengalami proses pengawetan dengan beberapa cara antara lain pendinginan, pengalengan, dan pengeringan untuk memperpanjang masa simpannya. (Winarto, 2003; Dalimartha, 1999).

Rimpang mahkota dewa segar mengandung beberapa zat aktif seperti flavonoid, polifenol, saponin dan alkaloid yang bersifat detoksifikasi dan dapat menetralkan racun di dalam tubuh. Mahkota dewa berkhasiat sebagai antitumor, antikanker, antidisentri, antiinsekta, mengobati eksim, hepatotoksik dan antibodi antibakteria (Almahdy *et al.*, 2008; Faried *et al.*, 2007).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai difusivitas, konduktivitas panas (k), massa jenis

(p), dan panas jenis (C_p) tanaman obat mahkota dewa.

2. BAHAN, ALAT DAN METODE

Bahan yang digunakan adalah buah mahkota dewa. Alat-alat yang digunakan adalah *thermal conductivity meter* (Kemtherm QTM-D3), lemari pendingin (Ebara 3848), *hybrid recorder* (HR-2500E), termokopel CC, *drying oven* (Ikeda SS-204D), timbangan digital (AND EK-1200A), kalorimeter, termometer, jangka sorong, gelas ukur.

Metode yang digunakan dalam menentukan sifat-sifat panas produk yang mencakup panas jenis, konduktivitas panas dan difusivitas panas adalah sebagai berikut.

2.1. Penentuan Panas Jenis

Panas jenis didefinisikan sebagai jumlah energi yang dibutuhkan oleh satu satuan berat (m) bahan untuk menaikkan suhunya sebesar satu derajat (Cengel and Boles, 2002). Besaran ini dipakai untuk menduga jumlah energi (Q) yang diperlukan bila suhu bahan berubah satu satuan (ΔT). Panas jenis mahkota dewa dan temu putih ditentukan dengan menggunakan kalorimeter yang dihitung dengan menggunakan persamaan berikut,

$$C_p = \frac{Q/\Delta T}{m} \quad (1)$$

Siebel mengembangkan suatu persamaan untuk menghitung panas jenis bahan pada kondisi di atas titik beku (Rao *et al.*, 2005; Wirakartakusumah *et al.*, 1992) sebagai berikut, :

$$C_p = 4.1868 (0.008 M + 0.20) \quad (2)$$

dimana M adalah persentase kadar air (basis basah).

Metode yang diajukan Charm dalam menghitung panas jenis turut mempertimbangkan kandungan lemak bahan (Heldman and Singh, 1981). Metode ini cukup baik terutama bagi bahan-bahan yang kandungan lemaknya cukup tinggi.

$$C_p = 4.1868 (0.5 X_f + 0.33 X_s + X_m) \quad (3)$$

dimana X_f adalah fraksi lemak, X_s adalah fraksi padatan dan X_m adalah fraksi air dalam bahan.

Selain dua metode diatas, panas jenis dapat ditentukan dengan metode campuran (*method of mixtures*). Metode ini banyak dipakai karena caranya sederhana yaitu dengan memasukkan bahan yang sudah diketahui masanya (W_s)

kedalam kalorimeter berisi air yang sudah diketahui berat (W_w) dan kapasitas panasnya (C_w). Pengukuran dengan metode campuran didasarkan pada hukum keseimbangan panas dalam kalorimeter yang secara matematis ditulis sebagai berikut (Mohsenin, 1980) :

$$C_s \cdot W_s (T_a - T_e) = C_w \cdot W_w (T_e - T_o) + C_c \cdot W_c (T_e - T_o) \quad (4)$$

Panas jenis dan massa kalorimeter dianggap konstan sehingga perkaliannya merupakan kapasitas panas kalorimeter. Persamaan di atas dapat ditulis sebagai berikut (Mohsenin, 1980) :

$$C_s = \frac{C_w W_w (T_e - T_o) + H_c (T_e - T_o)}{W_s (T_a - T_e)} \quad (5)$$

Kapasitas panas kalorimeter (H_c) dapat ditentukan dengan mencampur sejumlah air yang berbeda suhu awalnya dalam kalorimeter hingga dicapai suhu keseimbangan. Persamaan berikut digunakan untuk menentukan kapasitas panas untuk kondisi tersebut (Mohsenin, 1980) :

$$H_c = \frac{C_h W_h (T_a - T_e) - C_c W_c (T_e - T_o)}{(T_e - T_o)} \quad (6)$$

dimana :

H_c = kapasitas panas kalorimeter, kJ/°C

W_h = massa air panas, kg

W_c = massa air dingin, kg

T_a = suhu awal air panas, °C

T_e = suhu keseimbangan, °C

T_o = suhu awal air dingin, °C

C_h = panas jenis bahan, kJ/kg °C

W_s = massa bahan, kg

C_c = panas jenis kalorimeter, kJ/kg °C

2.2. Penentuan Konduktivitas Panas

Konduktivitas panas adalah sifat termal suatu benda untuk merambatkan panas dalam suatu unit waktu melalui luas penampang tertentu yang diakibatkan oleh adanya perbedaan suhu. Untuk bahan hayati, besarnya nilai konduktivitas panas (k) banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti struktur sel/fisik, komposisi kimia bahan, dan kandungan air. Variasi nilai konduktivitas panas bahan hayati lebih besar dibandingkan bahan non-hayati (Jangam and Mujumdar, 2010).

Dalam percobaan ini konduktivitas panas produk diukur langsung dengan menggunakan alat *conductivity meter*, sedangkan secara tidak langsung konduktivitas panasnya dihitung dengan persamaan Sweat (Phomkong *et al.*, 2006) sebagai berikut :

$$k = 0.148 + 0.00493 M \quad (7)$$

dimana M adalah kadar air produk (% bb.).

2.3. Penentuan Difusivitas Panas

Difusivitas panas dapat diartikan sebagai laju pada saat panas terdifusi keluar dari bahan. Distribusi suhu pada suatu bahan dalam kondisi tidak mantap telah dirumuskan oleh persamaan umum Fourier (Yagua and Moreira, 2011) sebagai berikut :

$$\partial T / \partial t = \alpha \nabla^2 T \quad (8)$$

dimana T adalah suhu pada titik tertentu (pada koordinat x , y dan z), t adalah waktu dan α adalah koefisien difusivitas panas.

Dengan mengasumsikan daging buah mahkota dewa berbentuk silinder dan perpindahan panas merata ke arah radial, suhu awal di setiap titik dianggap seragam, kadar air tetap dan tidak terjadi penyusutan, persamaan (8) dapat ditulis sebagai berikut (Jangam and Mujumdar, 2010) :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right) \quad (9)$$

Persamaan (9) di atas didiskritisasi memakai metode numerik beda hingga sehingga diperoleh :

$$T_i^{j+1} - T_i^j = S \left[(T_{i+1}^j - 2T_i^j + T_{i-1}^j) + \frac{1}{i} (T_{i+1}^j - T_{i-1}^j) \right] \quad (10)$$

Selanjutnya nilai S dihitung dengan metode kuadrat terkecil (*least square method*) dan nilai difusivitas panas (α) dihitung dengan persamaan (11) berikut.

$$S = \frac{\alpha \Delta t}{(\Delta r)^2} < 0.5 \quad (11)$$

Dalam hubungannya dengan sifat termofisik bahan lainnya, nilai difusivitas panas berbanding lurus dengan konduktivitas panas (k) dan berbanding terbalik dengan panas jenis (C_p) dan kerapatan bahan (ρ) tersebut.

Hubungan yang digambarkan pada persamaan (12) dapat dipakai untuk menentukan difusivitas panas yang dikenal sebagai metode tidak langsung.

$$\alpha = \frac{k}{C_p \rho} \quad (12)$$

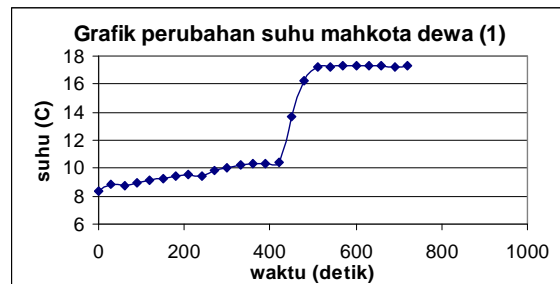
Penentuan difusivitas panas secara langsung dengan metoda numerik dilakukan dengan menggunakan data distribusi perubahan suhu produk selama pendinginan. Data perubahan suhu bahan diambil dari tiga titik pengukuran. Titik pertama merupakan titik pusat sedangkan titik kedua dan ketiga diukur berjarak Δr dan $2 \cdot \Delta r$ ke arah radial. Pengukuran dihentikan bila suhu di setiap titik pengamatan sudah relatif seragam.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

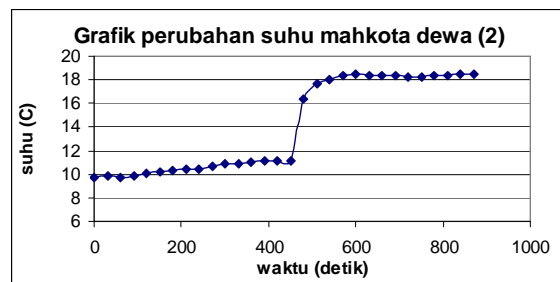
3.1. Panas jenis mahkota dewa

Berdasarkan data pengukuran dan hasil perhitungan didapatkan massa jenis (ρ) mahkota dewa adalah 1080 kg/m^3 . Dari hasil ini terlihat bahwa massa jenis buah mahkota dewa cenderung lebih besar daripada air.

Grafik perubahan suhu untuk menentukan suhu keseimbangan hasil campuran antara produk, air dan kalorimeter untuk mahkota dewa dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Grafik perubahan suhu mahkota dewa (percobaan 1)



Gambar 2. Grafik perubahan suhu mahkota dewa (percobaan 2)

Panas jenis produk dihitung berdasarkan data pengukuran perubahan suhu dengan menggunakan persamaan keseimbangan energi antara produk, air dan kalorimeter (Tabel 1). Panas jenis mahkota dewa adalah $3.060 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ pada kadar air 90 % (bb).

Tabel 1. Penentuan Cp mahkota dewa

	Satuan	MD-1	MD-2
Te	C	16.2	16
Tw	C	10.4	11.1
Mw	g	101.1	100.5
Cpw	J/gC	4.2	4.193
Mp	g	50.1	50.2
Tp	C	34.7	35.3
Cpp	J/gC	3.393	2.726
C _p Mahkota dewa (kJ/kg°C)		3.060	

Nilai C_p yang didapat dari pengukuran lebih kecil dibandingkan dengan C_p yang dihitung menggunakan persamaan Siebel (persamaan 2). Menurut Siebel, nilai C_p bahan sangat dipengaruhi oleh kadar airnya. Berdasarkan Siebel nilai panas jenis mahkota dewa adalah 4.167 kJ/kg°C.

Panas jenis produk semakin tinggi bila kadar airnya semakin tinggi. Hal ini menunjukkan adanya korelasi positif antara panas jenis dan kadar air karena panas jenis air lebih tinggi dari padatnya. Dengan demikian dapat dimengerti bahwa metode Siebel cukup baik digunakan untuk bahan yang mengandung kadar air tinggi.

3.2. Konduktivitas panas mahkota dewa

Pada Tabel 2 dapat dilihat nilai pengukuran konduktivitas panas mahkota dewa yang diperoleh dengan menggunakan peralatan *thermal conductivity meter*. Konduktivitas panas rata-rata mahkota dewa adalah 0.1359 W/m°C pada kisaran suhu 32 °C.

Tabel 2. Data untuk penentuan k mahkota dewa

	Satuan	TL-1	TL-2
T awal	C	28	29
T akhir	C	36	38
T rata	C	32	32
dT	C	12	12
k	W/m C	0.1534	0.1183
k mahkota dewa (W/m C)		0.1359	

3.3. Difusivitas panas mahkota dewa

Penentuan difusivitas panas mahkota dewa dilakukan dengan cara tidak langsung (persamaan 12). Dari hasil perhitungan (Tabel 3) didapatkan nilai difusivitas panas mahkota dewa adalah 4.11×10^{-8} m²/detik.

Nilai koefisien difusivitas panas dipengaruhi oleh suhu bahan atau suhu proses dimana nilainya semakin kecil bila suhu bahan semakin rendah.

Tetapi untuk menyederhanakan perhitungan pada umumnya nilai difusivitas dianggap tetap.

Tabel 3. Penentuan difusivitas panas mahkota dewa

Parameter	Satuan	Nilai
Cp	kJ/kg°C	3.060
k	W/m°C	0.1359
massa jenis	kg/m ³	1080
Difusivitas panas	m ² /detik	4.11E-08

4. KESIMPULAN

Sifat termofisik bahan sangat dipengaruhi oleh jenis dan kandungan bahan spesifik yang ada pada masing-masing jenis bahan. Penelitian ini telah berhasil menghitung sifat termofisik (*thermal properties*) buah mahkota dewa.

Nilai panas jenis (C_p) buah mahkota dewa adalah 3.060 kJ/kg°C.

Nilai konduktivitas panas (k) buah mahkota dewa adalah 0.3551 W/m°C dan 0.1359 W/m°C.

Nilai difusivitas panas (α) buah mahkota dewa adalah 4.11×10^{-8} m²/detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Almahdy, A., R. Febrianti, R. Djamil. 2008. Efek fetotoksitas ekstrak biji mahkota dewa (*phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl pada mencit. *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi* 13: 86–88.
- Cengel, Y.A, and M.A. Boles. 2002. *Thermodynamics: an Engineering Approach*. Ed ke-4. Boston: Mc-Graw Hill.
- Dalimartha S. 1999. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia*. PT. Niaga Swadaya, Jakarta.
- Faried, A., D. Kurnia, L.S. Faried, N. Usman, T. Miyazaki, H. Kato, H. Kuwano. 2007. Anticancer effects of gallic acid isolated from Indonesian herbal medicine, *Phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl, on human cancer cell lines. *International Journal of Oncology* 30: 605–613.
- Heldman, D.R. and R.P. Singh. 1981. *Food Process Engineering*. The AVI Pub. Co. Inc., Westport, Connecticut.
- Jangam S.V. and A.S. Mujumdar. 2010. Basic concepts and definitions. *Di dalam: Jangam SV,*

- C.L. Law and A.S. Mujumdar, (Eds). Drying of Foods, Vegetables and Fruits. Singapore.
- Mayor L and A.M. Sereno. 2004. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. *Journal of Food Engineering* 61:373–386.
- Mohsenin, N.N. 1980. *Thermal Properties of Foods and Agricultural Materials*. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- Phomkong, W, G. Szrednicki, and R.H. Driscoll. 2006. Thermophysical Properties of Stone Fruit. *Drying Technology*, 24: 195–200.
- Rao M.A., S.S.H. Rizvi, and A.K. Datta. 2005. *Engineering Properties of Foods*, 3rd Ed. CRC Press, Singapore.
- Rizvi S.S.H. 2005. Thermodynamic properties of foods in dehydration. Di dalam: Rao MA, Rizvi SSH, Datta AK, (Eds). *Engineering Properties of Foods*. 3rd Ed. CRC Press, Singapore.
- Seo WG *et al.* 2005. Suppressive effect of *Zedoariae rhizoma* on pulmonary metastasis of B16 melanoma cells. *Journal of Ethnopharmacology* 101:249–257.
- Singh, K.K. and T.K. Goswami. 2000. Thermal properties of cumin seed. *Journal of Food Engineering* 45: 181-187.
- Syukur C. 2003. *Temu Putih. Tanaman Obat Anti Kanker*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Weidenfeller, B., M. Hofer and F.R. Schilling. 2004. Thermal conductivity, thermal diffusivity, and specific heat capacity of particle filled polypropylene. *Composites: Part A* 35 (2004): 423–429.
- Winarto, W.P. 2003. *Mahkota dewa: budi daya & pemanfaatan untuk obat*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Wirakartakusumah, M.A., Kamaruddin A. dan A.M. Syarif. 1992. *Sifat Fisik Pangan*, Depdikbud, Dirjen Dikti, PAU Pangan dan Gizi, IPB-Bogor.
- Yagua, C.V. and R.G. Moreira. 2011. Physical and thermal properties of potato chips during vacuum frying. *Journal of Food Engineering* 104: 272–283.