

SIFAT PENYERAPAN LEMBAB BUBUK BUAH DURIAN DAN SIRSAK

Suyitno T. *)

ABSTRACT

Moisture sorption characteristics of durian and soursop fruit powder were studied. Durian and soursop fruit powder moisture sorption isotherm data were best fitted with cubic polynomial equation curve. Soursop fruit powder was more hygroscopic than durian powder. The primary, secondary and tertiary bound water zone of durian and soursop fruit powder were located at a_w : 0 – 0.30, 0.30 – 0.58, and 0.58 – 1.0, respectively. The critical moisture content of durian and soursop fruit powder, i.e. M_m -BET, M_p , M_s , and M_t were decreased with increasing temperature.

I. PENDAHULUAN

Durian (*Durio zibethinus*) dan sirsak (*Annona muricata*) merupakan dua diantara sekian banyak buah-buahan di Indonesia yang citarasanya digemari tidak hanya di dalam negeri tetapi juga di luar negeri. Angka keasaman (pH) kedua buah tersebut masing-masing sebesar 6,5 dan 3,5 sehingga diharapkan dapat mewakili kelompok buah yang berkadar asam rendah dan berkadar asam tinggi (Suyitno, 1995).

Buah segar umumnya mudah rusak; kerusakan tersebut dapat dikurangi dengan upaya pengawetan. Pengembangan pembuatan bubuk buah dengan pengering beku terbukti memberikan prospek yang cerah, namun karena kadar air bubuk buah tersebut sangat rendah maka bersifat higroskopis (Fuller, 1987; Anonim, 1993; Suyitno, 1995).

Pemahaman terhadap sifat penyerapan lembab atau higroskopisitas bubuk buah sangat penting untuk keperluan pengemasan, serta stabilitasnya selama penyimpanan dan distribusi. Banyak literatur yang mengungkapkan data sorpsi lembab bahan makanan kering pada suhu tetap yang disebut isotherm sorpsi lembab (ISL) (Adnan, 1982; Labuza, 1984; Boki dkk., 1990). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan persamaan ISL durian dan sirsak dengan cara pencocokkan kurva ("Curve fitting"), serta menetapkan kadar air terikat dan a_w kritisnya.

Model Persamaan Kurva ISL

Telah banyak diungkapkan berbagai persamaan matematik untuk menjelaskan hubungan fungsional antara kadar air dengan a_w pada kurva ISL. Langmuir (1918) (dalam Soewarno, 1978) mengajukan teori penyerapan gas non-polar oleh permukaan benda padat yang kemudian

dianalogikan dengan penyerapan uap air oleh bahan makanan padat, rumus matematikanya:

$$\frac{1}{M} = \frac{1}{M_m} + \frac{1}{M_m c_L} \times \frac{1}{a_w} \dots\dots\dots (1)$$

Apabila a_w mencapai maksimal = 1, maka pers. (1) menjadi:

$$\frac{1}{M_p} = \frac{1}{M_m} + \frac{1}{M_m c_L} \dots\dots\dots (2)$$

dalam hal ini, $1/M_m$ dan $1/(M_m c_L)$ adalah titik potong terhadap sumbu tegak/ordinat dan kemiringan kurva. M_p adalah kadar air terikat primer, yaitu yang terikat langsung oleh gugus polar (dalam Soewarno, 1988). Karena molekul air maupun bahan makanan bersifat polar, maka rumus Langmuir hanya berlaku sampai a_w sekitar 0,3, karena di atas a_w 0,3 molekul air sudah berada dalam ikatan sekunder atau tersier.

Brunauer, Emmet dan Teller (B.E.T) (dalam van den Berg, 1981) memperluas model Langmuir dengan menganggap bahwa terjadi interaksi di antara molekul air yang terikat. Kemudian mereka mengajukan persamaan B.E.T. sebagai berikut:

$$\frac{a_w}{(1 - a_w)M} = \frac{1}{M_m c_B} + \frac{c_B - 1}{M_m c_B} \times a_w \dots\dots\dots (3)$$

Persamaan ini dapat berlaku sampai $a_w \pm 0,5$ (Labuza, 1984).

Guggenheim, Anderson, dan de Boer (GAB) (dalam van den Berg, 1981) memperbaiki persamaan B.E.T. dengan menambahkan satu konstanta sehingga menjadi persamaan kuadrat. Air terikat lapis banyak dibedakan dengan air terkondensasi sehingga konstanta c_B diubah menjadi $c_G k$. Dengan cara pendekatan tersebut, persamaan G.A.B. dikenal sebagai model semi-teoritis dari sorpsi lokal yang ternyata merupakan model paling cocok bagi berbagai bahan makanan (Van den Berg, 1981; Watt, 1983; Mok dan Hettiarachhy, 1990). Persamaan umumnya adalah:

$$\frac{M}{M_m} = \frac{c_G k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + c_G k a_w)} \dots\dots\dots (4)$$

Smith (1948) (dalam Soewarno, 1978) mengembangkan teori Langmuir, dengan menganggap bahwa kurva ISL

*)Dosen Fakultas Teknologi Pertanian UGM

pada a_w 0,3 – 1,0 dibedakan menjadi wilayah air terikat sekunder untuk air terikat multilayer dan wilayah tersier bagi air terkondensasi. Apabila kurva antara $\log(1 - a_w)$ vs kadar air (M) memberikan dua garis lurus yang saling berpotongan, maka titik potong tersebut merupakan batas maksimal air terikat sekunder (M_s) atau batas minimal kadar air terikat tersier (M_t). Persamaan umumnya adalah:

$$\log(1 - a_w) = a + bM \quad \dots\dots\dots (5)$$

dimana, a dan b adalah titik potong pada sumbu tegak dan kemiringan kurva.

Beberapa peneliti menggunakan persamaan polinomial pangkat tiga seperti yang dikatakan oleh Mok dan Hettiarachy (1990), sebagai berikut:

$$M = A + B a_w + C a_w^2 + D a_w^3 \quad \dots\dots\dots (6)$$

Salah satu model yang mempertimbangkan pengaruh suhu terhadap sifat isoterm lembab dikemukakan oleh Henderson (1952) (dalam van den Berg, 1981):

$$1 - a_w = \exp[-cT M^n] \quad \dots\dots\dots (7)$$

atau,

$$\ln \left[\ln \left\{ \frac{1}{1 - a_w} \right\} \right] = \ln(cT) + n \ln M \quad \dots\dots\dots (8)$$

II. BAHAN DAN METODA

Bubuk buah dibuat dengan pengeringan beku daging buah durian kultivar si Petruk dan sirsak pada suhu -50°C , kemudian digiling dan disaring dengan ayakan 28 mesh.

Sifat penyerapan lembab dikaji dengan mengungkapkan sifat isoterm sorpsi lembab bubuk buah menggunakan metoda gravimetri statis. Pengaturan RH dilakukan dengan menggunakan sejumlah desikator yang diisi larutan garam jenuh atau asam sulfat sehingga mencapai ERH sebesar 0%; 5,2%; 11,4%; 23,2%; 33,2%; 43,2%; 53,2%; 58,2%; 65,8%; 75,5%; dan 86,0% (Ranganna, 1977; Rockland dan Beuchat, 1986).

Sampel bubuk buah durian dan sirsak ditimbang di dalam botol timbang berdiameter 2,5 cm seberat 1 – 2 g, kemudian dikeringkan di dalam oven vakum (25" Hg vakum) pada suhu 50°C sampai berat konstan. Botol timbang dengan tutup terbuka dimasukkan masing-masing sebuah ke dalam desikator, kemudian disimpan di dalam ruangan bersuhu tetap. Perubahan berat sampel dipantau dengan menimbanginya setelah disimpan 3 minggu sampai berat konstan (± 4 minggu). Percobaan dilakukan pada suhu 20° , 30° , dan 40°C dengan 3 ulangan.

Data ISL yang diperoleh dianalisis menurut model yang diuraikan sebelumnya. Hasil pra-kiraan parameter dari masing-masing model dihitung dengan program non-linier memakai komputer. Kecocokan data terhadap model diuji dengan menghitung akar kesalahan kuadrat tengah (%RMS).

$$\% \text{ RMS} = \sqrt{\frac{\sum \left[\frac{M_{\text{dat}} - M_{\text{hit}}}{M_{\text{dat}}} \right]^2}{n}} \times 100\%$$

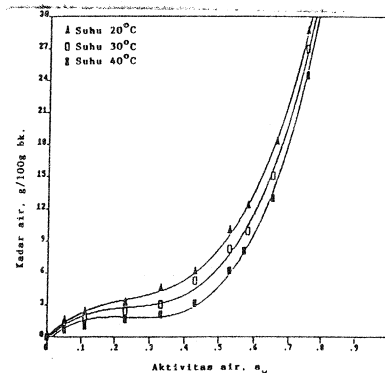
dimana, M_{dat} = kadar air data percobaan, M_{hit} = kadar air pra-kiraan, dan n = jumlah sampel.

Kadar air lapis tunggal B.E.T. (M_m -BET) dihitung dengan persamaan (3), M_p dengan persamaan (2), M_s dan M_t dengan persamaan (5). Kadar air tersebut merupakan kadar air terikat kritis. Aktivitas air kritis pada kadar air tersebut dinyatakan sebagai a_w kritis, berturut-turut a_m -BET, a_p , a_s , dan a_t dihitung dengan memasukkan nilai M_m -BET, M_p , M_s , dan M_t ke dalam persamaan (5) untuk wilayah air yang sesuai.

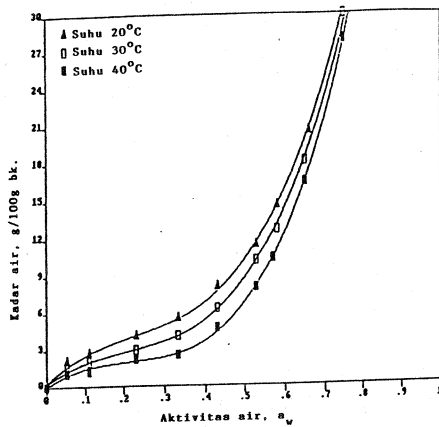
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kurva ISL

Kurva ISL bubuk buah durian dan sirsak pada suhu 20° , 30° , dan 40°C ditampilkan dalam Gambar 1 dan Gambar 2. Kurva tersebut memberikan pola yang serupa yakni seperti huruf S (sigmoidal). Pada a_w rendah bubuk buah sudah mampu menyerap uap air, kemudian meningkat di wilayah a_w sedang, dan menyerap uap air cukup banyak di wilayah a_w tinggi sehingga bentuk kurvanya menanjak tajam. Bentuk kurva yang khas ini diduga karena kadar gula yang tinggi dari bubuk buah, serta mayoritasnya bersifat amorf (Labuza, 1984)



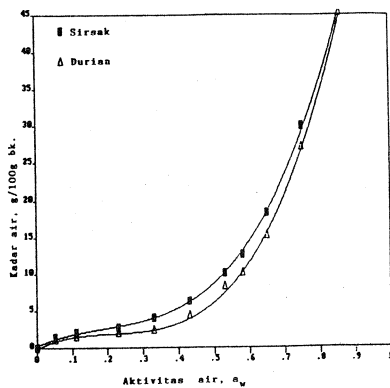
Gambar 1. Kurva ISL bubuk buah durian pada berbagai suhu



Gambar 2. Kurva ISL bubuk buah sirsak pada berbagai suhu

Kenaikan suhu akan meningkatkan a_w bubuk buah, namun jika a_w -nya dibuat tetap maka kadar airnya yang berkurang. Pengaruh suhu terhadap a_w dan kadar air bubuk buah semakin berkurang di wilayah a_w tinggi, karena molekul air mulai terkondensasi dengan a_w mendekati 1,0. Fenomena ini sejalan dengan sifat isoterm sorpsi lembab bahan makanan lain yang kurvanya selalu bergeser ke kanan jika suhunya naik (Labuza, 1984; Chen dan Morey, 1989; Boki, dkk., 1990).

Gambar 3 menyajikan kurva ISL bubuk buah durian dan sirsak pada suhu 30°C. Kemampuan menyerap lembab bubuk buah sirsak lebih besar daripada bubuk buah durian. Perbedaan ini diduga karena: (1) kadar lemak bubuk buah durian lebih besar, dan (2) sifat amorf senyawa gula dalam bubuk buah sirsak lebih jelas dibandingkan buah durian. Sebagaimana diungkapkan sebelumnya lemak bersifat non-polar sehingga tidak dapat mengikat air, dan gula amorf strukturnya terbuka sehingga mudah menyerap lembab (Fennema, 1976; Labuza, 1984).



Gambar 3. Kurva ISL bubuk buah durian dan sirsak, suhu 30°C

Pencocokan Kurva ISL

Nilai %RMS dari kurva ISL model G.A.B., polinomial, dan Henderson untuk data isoterm sorpsi lembab bubuk buah durian dan sirsak ditampilkan dalam Tabel 1. Ketiga model tersebut memberikan % RMS yang berbeda-beda; menunjukkan bahwa setiap model memiliki keterbatasan. Bagi data ISL bubuk buah durian dan sirsak, ternyata paling cocok adalah model polinomial pangkat tiga. Kenyataan ini berbeda dengan yang dikemukakan oleh peneliti lain yang umumnya menyatakan bahwa bagi bahan biologis yang paling cocok adalah model G.A.B. (Cadden, 1988; Ratti, dkk., 1989). Perbedaan tersebut karena sampel yang mereka gunakan umumnya bahan yang kadar gulanya tidak tinggi seperti serat makan, kentang, gandum, jagung, beras; sedangkan dalam penelitian ini bubuk buah kadar gulanya tinggi. Perbedaan kadar gula sangat besar pengaruhnya terhadap bentuk kurva ISL terutama di wilayah a_w tinggi. Model G.A.B. akan memberikan akurasi lebih baik jika pencocokannya dilakukan dibawah a_w 0,86.

Tabel 1. Kesalahan kuadrat tengah (RMS) dari pencocokan data ISL dengan berbagai model kurva ISL, dalam %

Bubuk Buah	Model persamaan Kurva ISL	20°C	30°C	40°C	Rerata
Durian	G.A.B.	20,8	17,0	20,1	20,0
	Polinomial	6,9	6,7	4,3	6,2
	Henderson	32,7	33,7	33,8	31,9
Sirsak	G.A.B.	15,1	17,0	19,7	16,2
	Polinomial	6,8	6,3	4,5	6,2
	Henderson	26,3	28,8	28,9	26,8

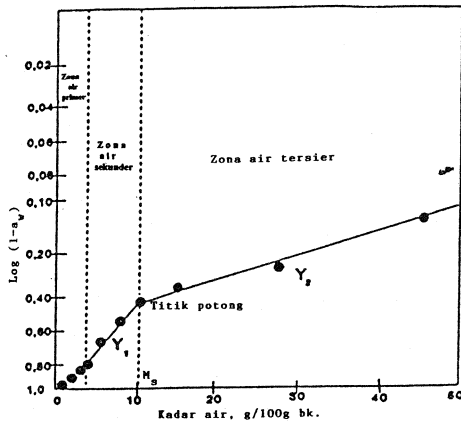
Tetapan A, B, C, dan D pada persamaan polinomial pangkat tiga bagi bubuk buah durian dan sirsak dalam Tabel 2 dapat menjelaskan secara baik hubungan antara kadar air dengan a_w . Kelémahannya adalah bahwa tetapan A, B, C dan D itu tidak memberikan makna fisika tertentu bagi ikatan air.

Tabel 2. Tetapan persamaan polinomial pangkat tiga kurva ISL bubuk buah durian dan sirsak

Bahan	Suhu, °C	Tetapan			
		A	B, x 10 ²	C, x 10 ²	D, x 10 ²
Durian	20	0,415	0,209	-0,627	1,048
	30	0,402	0,156	-0,523	0,989
	40	0,162	0,152	-0,599	1,100
Sirsak	20	0,715	0,217	-0,640	1,132
	30	0,458	0,180	-0,550	1,067
	40	0,317	0,163	-0,571	1,123

Kadar Air Terikat dan a_w Kritis

Hasil pengeplotan antara $\log(1 - a_w)$ dengan kadar air (M) dari bubuk buah durian dan sirsak memberikan dua garis lurus (Y_1 dan Y_2) yang saling berpotongan. Contoh dari kurva tersebut bagi bubuk buah durian pada suhu 30°C ditampilkan dalam Gambar 4. Oleh sebab itu M_s dan M_t dapat dihitung dengan persamaan (5). Nilai M_m -BET, M_p , M_s , dan M_t bubuk buah durian dan sirsak disajikan dalam Tabel 3.



Gambar 4. Kurva $\log(1 - a_w)$ vs M bubuk buah durian, suhu 30°C

Kenaikan suhu secara konsisten menurunkan kadar air kritis bubuk buah. Hal ini sejalan dengan apa yang dikemukakan oleh peneliti lain (Lima dan Cal-Vidal, 1983; Pappas dan Rao, 1987; Chen dan Morey, 1989; Bohki, dkk., 1991). Sementara itu a_w kritis secara praktis tidak berubah, namun jika hal tersebut terjadi di dalam wadah yang bersifat kedap udara akan dapat meningkatkan a_w -nya (Labuza, 1984).

Tabel 3. Kadar air terikat dan a_w kritis bubuk buah

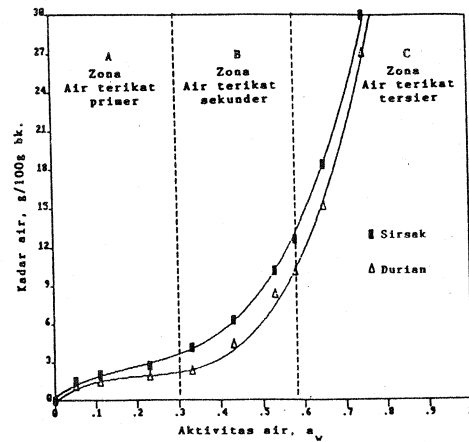
Bubuk Buah	Suhu $^\circ\text{C}$	Kadar Air Kritis, %			a_w Kritis		
		M_m -BET	M_p	M_s	a_m -BET	a_p	a_s
Durian	20	3,34	4,05	12,50	0,20	0,30	0,59
	30	2,26	3,07	10,06	0,20	0,31	0,58
	40	1,46	2,24	8,50	0,22	0,30	0,59
Sirsak	20	4,08	4,43	13,63	0,23	0,27	0,57
	30	3,07	3,21	12,33	0,23	0,28	0,57
	40	1,87	2,86	9,82	0,22	0,29	0,57

Catatan: $M_t = M_s$; dan $a_t = a_s$

Kadar air terikat kritis pada Tabel 3 membagi kurva ISL menjadi tiga zona, yaitu zona air terikat primer, sekunder dan tersier (Gambar 5). Zona air terikat primer (A), sekunder

(B) dan tersier (C) terletak pada a_w antara: $0 - 0,30$, $0,30 - 0,58$ serta $0,58 - 1,0$.

Hal tersebut sedikit berbeda dengan yang diungkap peneliti lain seperti Labuza, dkk. (1970) serta Rockland dan Beuchat (1986) yang menyatakan bahwa kurva ISL bahan makanan umumnya dibagi menjadi tiga: yakni zona A (a_w $0 - 0,22$), zona B (a_w $0,22 - 0,73$) dan zona C (a_w $0,73 - 1,0$). Perbedaan itu disebabkan antara lain karena mereka menggunakan batas air lapis tunggal B.E.T, sedangkan penelitian ini menggunakan batas M_p Langmuir. Disamping itu bubuk buah mempunyai kandungan gula amorf yang tinggi sehingga zona air terikat tersiernya lebih lebar (a_w $0,58 - 1,0$) karena a_w sekitar $0,60$ diduga sudah mulai terjadi pelarutan gula.



Gambar 5. Pembagian zona kurva ISL bubuk buah durian dan sirsak pada suhu 30°C

IV. KESIMPULAN

Secara umum dapat disimpulkan bahwa kurva ISL bubuk buah durian dan sirsak berbentuk sigmoid, terbagi menjadi tiga zona yaitu zona air terikat primer, sekunder dan tersier. Beberapa hal yang dapat diungkapkan lebih lanjut adalah :

1. Bubuk buah durian dan sirsak sudah dapat menyerap uap air di dalam udara dengan RH 30%, kemudian meningkat pelan sampai RH 58% dan meningkat tajam jika udara lebih lembab.
2. Data ISL bubuk buah durian dan sirsak memberikan hasil paling cocok dengan persamaan polinomial pangkat tiga.
3. Penyerapan lembab bubuk buah sirsak lebih besar daripada bubuk buah durian.
4. Zona air terikat primer, sekunder, dan tersier bubuk buah durian dan sirsak dibatasi oleh a_w yang sama,

berturut-turut sebesar: 0 – 0,30; 0,30 – 0,58; dan 0,50 – 1,0.

DAFTAR NOTASI

A, B, C, D	= parameter persamaan polinomial pangkat tiga
a_w	= aktivitas air
a_m -BET	= a_w pada kadar air M_m -BET
a_p, a_s, a_t	= a_w pada kadar air M_p, M_s, M_t
c_L, c_B, c_G	= parameter pers. Langmuir, BET, dan GAB
k	= konstanta sehubungan dengan air tersier GAB
M	= kadar air seimbang, g air/100g bahan kering
M_m -BET	= kadar air lapis tunggal B.E.T.
M_p, M_s, M_t	= kadar air terikat primer, sekunder dan tersier
n	= konstanta persamaan Henderson
T	= suhu mutlak, °K

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat Bapak Prof. Dr. Ir. Mochamad Adnan, Bapak Prof. Dr. Soewarno, T. Soekarto dan Bapak Dr. Ir. Tranggono yang telah memberikan bimbingan dan bantuan dalam penelitian. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Lembaga TMPD, Departemen PDK di Jakarta yang telah membantu dana penelitian.

PUSTAKA

Adnan, Mochamad. 1982. *Aktivitas Air dan Kerusakan Bahan Makanan*. 28 hal. Penerbit Agritech, Yogyakarta.

Anonim, 1993. Product Update. *Food Technology, July 1993*, 108, 100, 114, 118.

Boki, K., S. Ohno, and S. Shinoda. 1990. Moisture Sorption Characteristics of Kudzu Starch and Sweet Potato Starch, *J. of Food Sci.*, 55(1), 232 – 235.

Cadden, A.M. 1987. Comparative Effects of Particle Size Reduction on Physical Structure and Water Binding Properties of Several Plant Fibers. *J. of Food Sci.*, 52(6), 1595 – 1599.

Chen, C.C. and R.V. Morey. 1989. Comparison of Four EMC/ERH Equations. *Transaction of the ASAE* 32 (3), 983 – 990.

Fennema, O.R. 1976. *Principles of Food Science. Part I. Food Chemistry*. Marcel Dekker, Inc. New York and Basel.

Fuller, J.F., Jr. 1987. Dried Fruit Product. *United States Patent US 4 654 222 (1987) [En]*.

Labuza, T.P, S.R. Tannenbaum, and M. Karel. 1970. Water Content and Stability of Low-Moisture and Intermediate Moisture Foods. *Food Technology, May 1970*. p: 35 – 40.

Labuza, T.P. 1984. *Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use*. Published by American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota.

Le Maire, W.H. 1985. Food in the Year 2000. *Food Engineering* 57(5), 90, 91, 94, 98, 102, 106, 109, 112, 114, 117, 118, 120.

Lima, A.W.Q., and J. Cal-Vidal. 1983. Hygroscopic behaviour of freeze-dried bananas. *J. Food Technol. (1983)* 18, 687 – 696.

Makower, B. and W.B. Dye. 1956. Equilibrium Moisture Content and Crystallization of Amorphous Sucrose and Glucose. *Agricultural and Food Chemistry*, 4(1), 72 – 77.

Masters, K. 1986. New Spray Dryer Design Concept for the Food Industry. In: *Powder Technology Series* (edited by Scarlett, B.). Chapman and Hall. London. New York.

Meyer, L.H. 1976. *Food Chemistry*. Reinhold Publishing Corporation, New York. Tokyo.

Mok, C., and N.S. Hettiarachy. 1990. Moisture Sorption Characteristics of Ground Sunflower Nutmeat and its Products. *J. of Food Sci.*, 55(3), 786 – 789.

Pappas, G., and V.N.M. Rao. 1987. Isotherm Sorption of Cow peas from 25°C to 70°C. *American Society of Agricultural Engineering*. 30(5), 1478 – 1483.

Peleg, M. and E.B. Bagley. 1983. *Physical Properties of Foods. Chapter 10. Physical Characteristics of Food Powders*. The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.

Ranganna, S. 1977. *Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products*. The McGraw-Hill Publishing Company Limited. New Delhi.

Ratti, C., G.H. Crapiste, and E. Rotstein. 1989. A New Sorption Equilibrium Expression for Solid Foods based on Thermodynamic Considerations. *J. of Food Sci.*, 54(3), 738 – 743.

Rockland, L.B., and L.R. Beuchat. 1986. *Water Activity: Theory and Application to Food*. Marcel Dekker, Inc. New York and Basel.

Sloan, A.E. 1994. Let Them Eat Cake! *Food Technology, November 1994*. p. 30.

Suyitno, 1995. Serat Makan Dan Perilaku Aktivitas Air Bubuk Buah. *Disertasi Untuk Memperoleh Derajat Doktor*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Van Arsdel, S.N. and M.J. Copley. 1973. *Food Dehydration Vol. 2*. The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.

Van den Berg, C. 1981. Vapour Sorption Equilibria and Other Water-Starch Interactions; A Physico-Chemical Approach. *Ph.D. Thesis*. Agricultural University Wageningen, the Netherlands.

Watt, I.C. 1983. The Theory of Water Sorption by Biological Materials. In: *Physical Properties of Foods* (edited by JOWITT, R. et al.). Applied Science Publishers. London. N.Y.

Segenap Redaksi AGRITECH

Mengucapkan

Selamat dan Sukses

kepada para wisudawan/wati
Fakultas Teknologi Pertanian, yang diwisuda
pada periode
November 1995 dan Februari 1996

ter
the
tie

d
e
E
n
s

n
d
n
n
t
c
t
s
f
l
:
l
: