

# MODEL MATEMATIKA KADAR AIR KESEIMBANGAN DUA PARAMETER UNTUK LADA

Agus Supriatna Somantri

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat

## ABSTRAK

Kadar air keseimbangan atau EMC (*Equilibrium of Moisture Content*) merupakan faktor penting yang berperan dalam proses pengeringan dan penyimpanan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisiologi Hasil, Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat dari tanggal 2 sampai dengan 30 Juni 2001. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model sorpsi isotermi yang sesuai untuk komoditas lada, sehingga model yang terpilih bisa diaplikasikan pada proses pengeringan dan penyimpanan di lapangan. Metode yang digunakan adalah metode statik pada temperatur 40, 45 dan 50°C serta rentang aktivitas air ( $A_w$ ) 0,20 – 0,64. Model-model yang dipilih adalah model Henderson, model Chung-Pfost, model Oswin dan model Halsey dengan menggunakan metode numerik bahasa BASIC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model matematik dua parameter (temperatur dan kelembaban) telah dapat memberikan hasil yang baik dibandingkan dengan data percobaan. Model Halsey memiliki ketepatan yang terbaik di antara keempat model yang dipilih, sehingga lebih jauh model ini dapat dipergunakan untuk memprediksi sorpsi isotermi untuk lada hitam dan model Oswin untuk lada putih.

**Kata kunci :** Sorpsi isotermi, lada.

## ABSTRACT

### The Mathematical Model for Two Parameters of Equilibrium Moisture Content for Black Pepper

*Equilibrium of Moisture Content (EMC) plays an important role in drying and storage processes. The research was conducted at the Post Harvest Laboratory, Research Institute for Spices and Medicinal Crops, from June 2 to 30, 2001. The research aimed to determine a suitable model of isotherm sorption for pepper commodities, which can be applied on drying and storage processes at the field. The method used was the static method at temperature 40, 45 and 50 °C and range of water activity ( $A_w$ ) 0.20 – 0.64. The models correlated were the Henderson, Chung-Pfost, Oswin and Halsey, by using numerical method with the BASIC language. The result showed that the two parameters (temperature and relative humidity) of mathematical model had given good result compared with the experimental data. The model of Halsey showed the best accuracy among the other models and it can be used for prediction of the isotherm sorption for black pepper, while the Oswin model for white pepper.*

**Keywords :** Isotherm sorption, pepper.

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu produsen lada terbesar di dunia dengan total produksi rata-rata 60.000 ton per tahun dan 90% dari produksi tersebut ditujukan untuk ekspor (Nurdjannah *et al.*, 2000). Dalam dunia perdagangan

dikenal dua jenis lada, yaitu lada putih dan lada hitam. Penanganan terhadap produk tersebut sangat diperlukan sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut baik dalam industri maupun untuk pendistribusiannya. Penanganan yang dilakukan adalah dengan mengurangi kadar air bahan melalui suatu proses pengeringan, baik secara alamiah maupun buatan. Kadar air bahan sangat berpengaruh terhadap aktivitas mikrobiologi yang mengakibatkan pembusukan selama proses pengangkutan dan penyimpanan.

Pengeringan merupakan suatu proses yang diperlukan untuk menjaga kualitas berbagai jenis produk biji-bijian pertanian dan perkebunan. Proses ini merupakan proses yang kompleks dalam penggambaran fenomena-fenomena perpindahan yang simultan, multifasa dan multidimensi, seperti perpindahan massa, energi, dan momentum. Pengembangan model-model matematis untuk menjelaskan proses-proses perpindahan dalam pengeringan tersebut tidak terlepas dari pemahaman tentang konsep kadar air keseimbangan. Dalam hal ini, korelasi antara kadar air seimbang ( $M_e$ ) dengan aktivitas air ( $A_w$ ) digunakan dalam model pengeringan untuk mengetahui kelembaban udara setimbang pada lapisan batas (permukaan).

Kadar air keseimbangan atau *Equilibrium of Moisture Content* (EMC) merupakan konsep penting dari teori pengeringan dan pembasahan pada bahan-bahan pertanian. Kadar air keseimbangan didefinisikan sebagai kandungan air pada bahan yang

seimbang dengan kandungan air udara sekitarnya. Hal tersebut merupakan satu faktor yang menentukan sampai seberapa jauh suatu bahan dapat dikeringkan pada kondisi lingkungan tertentu (aktivitas air tertentu) dan dapat digunakan sebagai tolok ukur kemampuan berkembangnya mikro organisme yang menyebabkan terjadinya kerusakan atau pembusukan bahan pada saat penyimpanan.

Istadi *et al.*, (2000), menyatakan bahwa persamaan EMC dua parameter (temperatur dan kelembaban) memberikan korelasi yang baik untuk bahan pertanian berbentuk butiran, sehingga lebih mudah digunakan penerapannya dibandingkan dengan tiga parameter. Menurut Sun Da-Wen (1998), persamaan Modified Chung-Pfost dan Modified Oswin merupakan persamaan yang paling sesuai untuk produk butiran jagung. Sedangkan menurut Sitompul *et al.* (2000), persamaan Modified Henderson dan persamaan Modified Oswin merupakan persamaan yang sesuai untuk produk butiran jagung, sedangkan untuk butiran padi persamaan Modified-Henderson yang paling sesuai. Pemilihan model persamaan EMC dua parameter telah dilakukan oleh Papadakis *et al* (1993) dan Sitompul *et al.*, (2000) untuk komoditas biji-bijian.

Banyaknya model sorpsi yang dikembangkan menunjukkan bahwa pengembangan model matematik yang dapat menjelaskan data-data sorpsi pada rentang aktivitas air yang lebih lebar dan berlaku untuk bermacam-macam produk serta berbagai macam

temperatur ternyata lebih sulit. Dalam hal ini pemilihan model EMC tersebut harus memperhatikan beberapa faktor, antara lain (a) kesesuaian data sorpsi terhadap model, (b) rentang aplikasi, (c) dasar teori parameter, (d) kesederhanaan, dan (e) tujuan yang diinginkan (Marinos-Kuoris *et al.*, 1995). Beberapa model baik secara teoritis, semiempiris maupun empiris telah disampaikan oleh para peneliti untuk menjelaskan fenomena histeresis yang terjadi. Beberapa peneliti menyatakan bahwa model GAB merupakan model yang paling baik untuk menjelaskan sorpsi isotermin pada berbagai macam bahan makanan untuk rentang aktivitas air yang cukup lebar (0-0,9).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model matematik kadar air keseimbangan yang sesuai untuk butiran lada sebagai fungsi dari temperatur dan kelembaban, serta grafik desorpsi isoterminya. Diharapkan model dan grafik yang diperoleh akan menambah informasi tentang kadar air keseimbangan lada. Selanjutnya model matematik ini dapat dipergunakan untuk memprediksi proses desorpsi dan untuk kebutuhan disain peralatan pengeringan khususnya lada.

### BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat pada tanggal 2 sampai dengan 30 Juni tahun 2001. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lada putih, lada hitam dan beberapa garam jenuh, seperti potassium

karbonat, sodium nitrat, sodium dikromat, sodium bromida dan magnesium klorida. Sedangkan peralatan yang digunakan meliputi cawan, desikator, oven dan timbangan. Garam-garam jenuh tersebut dipergunakan untuk membangkitkan kelembaban udara tertentu seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Kelembaban nisbi udara (%) beberapa garam jenuh pada setiap perbedaan temperatur

Table 1. Relative humidity (%) of some saturated salts at different temperatures

Larutan garam jenuh (Saturated salt)	Suhu, °C (Temperature, °C)		
	40	45	50
CH <sub>3</sub> COOK	20 <sup>c</sup>	20 <sup>b</sup>	20 <sup>b</sup>
MgCl <sub>2</sub>	32 <sup>a</sup>	32 <sup>b</sup>	32 <sup>b</sup>
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	43 <sup>c</sup>	43 <sup>c</sup>	43 <sup>b</sup>
NaBr	54 <sup>c</sup>	54 <sup>b</sup>	54 <sup>b</sup>
NaNO <sub>3</sub>	64 <sup>d</sup>	64 <sup>d</sup>	64 <sup>d</sup>

- a. Gustafson (1972) dalam Brooker *et al* (1981)
- b. Interpolasi
- c. Wink and Sears (1950) dalam Metz (1965)
- d. Hall (1957) dalam Brooker *et al* (1981)

Penentuan EMC lada pada penelitian ini dilakukan dengan metode statik pada suhu 40, 45 dan 50°C. Metode ini diterapkan dengan menempatkan biji lada dalam cawan masing-masing sebanyak 25 g, kemudian dimasukkan ke dalam desikator yang telah dilengkapi dengan garam jenuh pada bagian bawahnya. Setelah itu cawan beserta desikator dimasukkan ke dalam oven yang suhunya diatur seperti

Tabel 2. Model-model EMC dua parameter  
Table 2. The two-parameters models of EMC

No.	Nama/Name	Model EMC dua parameter/Two parameters models of EMC
1.	Henderson	$X = \left( \frac{-\ln(1 - A_w)}{AT} \right)^{1/B}$
2.	Chung-Pfost	$X = \frac{1}{B} \left( \ln \frac{A}{RT} - \ln(-\ln A_w) \right)$
3.	Oswin	$X = A \left( \frac{A_w}{1 - A_w} \right)^B$
4.	Halsey	$X = \left( \frac{-A}{T \ln A_w} \right)^{1/B}$

Data-data percobaan yang diperoleh berupa perubahan kadar air bahan dalam lingkungan suhu dan kelembaban udara yang telah ditentukan (20, 32, 43, 54 dan 64%), kemudian diaplikasikan pada model-model EMC dua parameter seperti pada Tabel 2 di bawah ini. Metode pengkorelasian dilakukan dengan metode regresi non-linier dengan menggunakan bahasa BASIC.

Untuk mengetahui tingkat ketepatan setiap model yang diterapkan, digunakan kriteria modulus deviasi (P), yang dinyatakan sebagai berikut (Lomauro dan Bakshi 1985) :

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Xn_i - Xm_i}{Xm_i} \right|$$

dimana :

- A, B : Parameter-parameter dalam model EMC
- A<sub>w</sub> : Aktivitas air = RH/100
- T : Temperatur
- r : Koefisien korelasi
- R<sup>2</sup> : Koefisien determinasi
- X : Kadar air keseimbangan atau EMC

- P : Tingkat ketepatan model
- X<sub>m</sub> : Kadar air keseimbangan dari hasil simulasi
- X<sub>n</sub> : Kadar air keseimbangan dari hasil percobaan
- n : Jumlah data

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian kadar air keseimbangan untuk lada putih dan lada hitam ditunjukkan pada Gambar 1. Kadar air keseimbangan akan semakin besar dengan turunnya temperatur pada aktivitas air yang tetap. Kenaikan temperatur menyebabkan meningkatnya jumlah air yang teruapkan dan menurunnya jumlah air yang terserap pada aktivitas air tetap. Kecenderungan yang sama telah ditemukan untuk beberapa produk makanan, seperti yang dilaporkan pada beberapa literatur (McMinn *et al.*, 1997, Sun, 1998). Nilai parameter (A, B) hasil regresi non-linier untuk model-model EMC ditunjukkan pada Tabel 3, sedangkan nilai uji ketepatan model ditunjukkan pada Tabel 4.

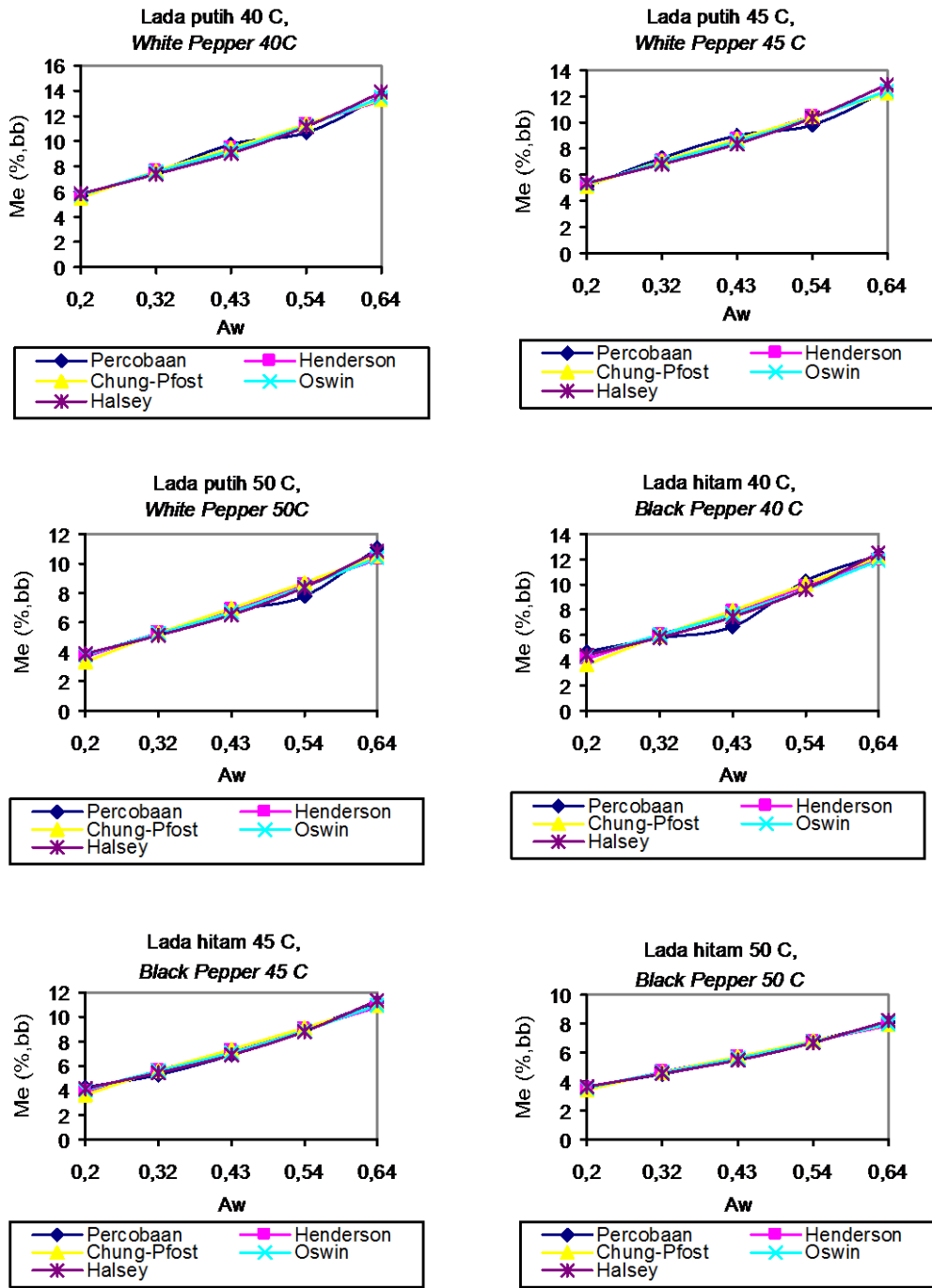
Tabel 4. Tingkat ketepatan hasil pengujian model  
 Table 4. The accuracy level of model testing

Komoditas <i>Commodity</i>	Suhu, °C <i>Temperature, °C</i>	Tingkat ketepatan ( <i>Accuracy level</i> )			
		Henderson	Chung-Pfost	Oswin	Ha
Lada Putih <i>White pepper</i>	40	2,76	2,93	2,57	4
	45	3,31	3,19	3,91	5
	50	4,58	6,42	3,39	3
Rata-rata ( <i>Average</i> )		<b>3,55</b>	<b>4,18</b>	<b>3,29</b>	<b>4</b>
Lada Hitam <i>Black pepper</i>	40	8,56	9,76	7,45	5
	45	4,76	6,11	3,39	1
	50	2,54	2,58	1,33	1

Pada Tabel 4 terlihat bahwa keempat model yang digunakan memiliki ketepatan yang sangat tinggi bila diaplikasikan pada lada putih, sedangkan untuk lada hitam Model EMC dua parameter yang memiliki tingkat ketepatan yang tinggi berturut-turut adalah model Halsey, Oswin, Henderson dan Chung-Pfost. Model-model ini dalam aplikasinya dapat digunakan untuk menduga besarnya kadar air keseimbangan yang bisa dicapai pada kisaran suhu 40-50°C dan sampai berapa lama nilai EMC ini bisa dicapai, sehingga akan memberikan kemudahan dalam membuat sebuah perencanaan proses pengeringan khususnya untuk komoditas lada.

Hasil penelitian penentuan kadar air keseimbangan lada (Gambar 1) menunjukkan bahwa kurva keseimbangan yang diperoleh untuk model-model yang dipilih pada dasarnya tidak berbeda jauh.

Koefisien korelasi ( $r$ ) dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) untuk hasil regresinya mempunyai harga yang cukup tinggi yaitu untuk nilai korelasinya berkisar antara 0,96 – 0,99, sedangkan untuk koefisien determinasinya berkisar 0,92 – 0,99. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan model dua parameter untuk kepentingan proses desorpsi sangat sesuai untuk komoditas lada ini.



Gambar 1. Sorpsi isotermi (desorpsi) hasil regresi dua parameter untuk lada  
*Figure 1. Isotherm sorption (desorption) of two parameters of pepper*

## KESIMPULAN

Model matematik dua parameter telah memberikan hasil korelasi yang baik untuk memprediksi besarnya kadar air keseimbangan pada kondisi suhu dan kelembaban tertentu. Model Halsey, Oswin, Henderson dan Chung-Pfost berturut-turut adalah model matematik yang dapat dipergunakan untuk kegiatan sorpsi isotermi lada hitam, sedangkan untuk lada putih keempat model yang dipilih memiliki tingkat ketepatan yang sangat tinggi. Dari keempat model yang dipilih, model Halsey memiliki ketepatan tertinggi untuk menduga proses desorpsi pada lada hitam, sedangkan untuk lada putih adalah model Oswin. Keberlakuan model-model ini hanya pada rentang nilai aktivitas air antara 0,2 – 0,64. Dalam hal ini, perlu dikembangkan atau dipilih lebih lanjut model yang bisa menjelaskan sorpsi isotermi yang dapat berlaku pada rentang aktivitas air yang lebih besar dan juga dapat berlaku untuk semua jenis produk pada berbagai temperatur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brooker, D.B., F.W. Bakker-Arkema dan C.W. Gall, 1981. Drying cereal grains. The AVI Pub. Co., Inc. Westport, Connecticut.
- Istadi, J.P., Sitompul dan S. Sumardiono, 2000. Perbandingan korelasi dua dan tiga parameter untuk prediksi kandungan air setimbang padi. Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2000, 26-27 Juli 2000. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro.
- Lopez, A., M. T. Pique, J. Boatella, A. Ferra, J. Garcia, dan A. Romero, 1998. Drying characteristics of the hazelnut. *Drying Technology*, 16 (3-5) : 627 - 649.
- Lomauro, G.J. dan A.S. Bakshi, 1985. Finite element analysis of moisture diffusion in store foods. *Food Sci.* 50 : 395.
- Marinos-Kouris, D. dan Z.B. Maroulis, 1995. Transport properties in the drying of solids, *dalam Handbook of Industrial Drying*, A.S. Mujumdar (ed). Vol. 1. Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 113 – 159.
- McMinn, W.A.M., dan T.R.A. Magee, 1997. Moisture sorption characteristics of starch materials. *drying technology*. 14(5): 1527 – 1551.



- Nurdjannah, N., T. Hidayat dan Risfaheri, 2000. Pedoman pengolahan lada putih dengan mesin. Kerjasama Pemda Kabupaten Bangka dengan Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Tidak dipublikasikan).
- Papadakis, S.E., R.E. Bahu, K.A. McKenzie, dan I.C. Kemp, 1993. Measurement and prediction of the equilibrium moisture content for drying. The 1993 Research Event, pp. 507 – 509.
- Stencl, J., J. Gotthardova, dan P. Homola, 1998. Equilibrium moisture content of dried blood flour in the temperature range of 20 – 50°C. *Drying Technology*, 16(8): 1729 – 1739.
- Sitompul, J.P., Istadi dan S. Sumardiono, 2000. Non linear parameter estimation of EMC correlation for grain-type agricultural products. Proc. Of International Confrence on Fluid-Thermal and Energy Conversion 2000, 2-6 July, Bandung, Indonesia.
- Sun, Da-Wen, 1998. Selection of EMC/ERH isotherm equation for shelled corn based on fitting to available data. *Drying Technology*, 16(3 – 5) : 779 - 797.