

Validasi Model pada Proses Pengeringan Wortel

Meilya Suzan Triyastuti, Tania Finarianingrum, dan Trisya Octaviani

Teknik Kimia, Universitas Jenderal Achmad Yani

meilyalia92@gmail.com, taniafinarianingrum@gmail.com, trisyaoctaviani@yahoo.com

Abstrak

Wortel mempunyai kandungan senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan. Wortel dikeringkan dengan metode pengeringan batch pada suhu 70 dan 80°C dengan laju pengeringan 0,42 m/s. Penurunan kadar air digunakan untuk memperkirakan perubahan *moisture ratio* dengan waktu pengeringan. Membandingkan hasil penelitian dan tujuh model pengeringan untuk mendapatkan model yang sesuai berdasarkan parameter statistik. Model Newton, Henderson dan Pabis, Logarithmic, Two Term, dan pendekatan difusi pada suhu 70°C dan 80°C merupakan model yang terbaik dengan R² sebesar 0,9999. sehingga model ini mempunyai *error* yang kecil.

Kata kunci: Wortel, *batch drying*, model pengeringan

1. Pendahuluan

Wortel (*Daucus carota* L.) merupakan akar tanaman yang mengandung β -carotene yang tinggi, vitamin (A, B1, B2, B6, B12) yang tinggi, fiber dan mineral. Wortel dapat digunakan sebagai bahan baku dan produk berbagai makanan. Bubuk wortel biasanya digunakan sebagai makanan instan seperti sup, saus, bumbu dan berbagai makanan siap saji. Kandungan β -carotene yang tinggi pada wortel dapat berkhasiat sebagai diet dan nutrisi untuk metabolisme tubuh. (Prakash *et al.*, 2004, Fan *et al.* 2005; Zielinska and Markowski 2007). Umbi akar wortel mempunyai manfaat dalam aktivitas farmakologi bagi kesehatan sebagai analgesik, anti-peradangan, antifertilitas, antitumor, hepatoprotektif dan sifat hipoglikemik (Prochezian dan Ansari, 2000; Prakash *et al.*, 2004; Abou *et al.*, 2008, Bishayee *et al.*, 1995, Neef *et al.*, 1995, Patil *et al.*, 2012). Wortel mempunyai komersial yang tinggi dan berpotensi sebagai sumber antioksidan yang alami.

Wortel mempunyai kekurangan pada umur simpan yang pendek, karena wortel tidak tahan lama atau mudah membusuk. Kebutuhan produksi wortel dalam kehidupan sehari-hari sangat penting bagi manusia sebagai sumber nutrisi yang diperlukan dalam metabolisme tubuh manusia. Peningkatan produksi ini berdampak pada hasil panen yang berlimpah sehingga diperlukan solusi agar wortel mempunyai umur simpan yang lama.

Pengeringan wortel merupakan metode alternatif untuk menghasilkan wortel tidak mudah busuk dan umur simpan yang lebih lama. Pada umumnya pengeringan wortel dilakukan dengan sinar matahari, namun metode ini tidak efisien karena membutuhkan waktu yang lama (3-4hari). Proses pengeringan yang lama dapat menyebabkan tumbuhnya mikroorganisme pada bahan (Demiray and Tulek, 2013; Mardiah *et al.*, 2015). Sehingga diperlukan metode pengeringan yang tepat agar umur simpan wortel lebih lama dan kualitas kandungannya vitaminnya tetap terjaga.

Batch drying merupakan pengeringan yang memiliki potensi besar untuk mengurangi konsumsi energi dan untuk meningkatkan kualitas produk yang sensitif terhadap panas. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan metode pengeringan wortel pada skala batch dan prosedur yang tepat.

2. Metode

2.1 Persiapan Pengeringan

Wortel diperoleh dari pasar lokal di Cimahi lalu dicuci dengan air untuk menghilangkan kotoran dan benda asing, jika ada. Setelah dicuci, wortel dikupas kulitnya, kemudian dipotong-potong sehingga dihasilkan potongan dengan tebal 5mm. Potongan wortel disusun di atas satu *tray* yang terbuat dari bahan *stainless steel* dengan luas 100mm x 125mm. Potongan wortel disusun sedemikian rupa sehingga sebagian besar permukaan *tray* terisi. *Tray* yang telah terisi kemudian dimasukkan ke dalam pengering konveksi dengan medium pengering udara panas dan proses pengeringan dijalankan. Penguapan air dari bahan ke udara pengering dianggap hanya terjadi dari permukaan atas bahan. Alat pengering konveksi yang digunakan pada prinsipnya terdiri dari *fan* sentrifugal untuk mensuplai aliran udara, pemanas listrik, dan alat pengendali suhu udara panas (*controller*). Sebelum dilewatkan ke permukaan bahan, udara dipanaskan dengan pemanas listrik dan suhu udara dipertahankan konstan dengan menggunakan alat pengendali suhu. Pengeringan dilakukan pada suhu udara pengering 70°C dan 80°C, dengan laju 0,42 m/s. Perubahan kandungan air bahan dari waktu ke waktu diukur dengan menimbang berat bahan selama pengeringan.

3. Metode

3.1 Persiapan Pengeringan

Wortel diperoleh dari pasar lokal di Cimahi lalu dicuci dengan air untuk menghilangkan kotoran dan benda asing, jika ada. Setelah dicuci, wortel dikupas kulitnya, kemudian dipotong-potong sehingga dihasilkan potongan

Info Makalah:

Dikirim : 05-12-2017;
Revisi 1 : 23-01-2018;
Revisi 2 : 12-04-2018;
Diterima : 12-04-2018.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-857-2867-8492
e-mail : meilyalia92@gmail.com

dengan tebal 5mm. Potongan wortel disusun di atas satu *tray* yang terbuat dari bahan *stainless steell* dengan luas 100mm x 125mm. Potongan wortel disusun sedemikian rupa sehingga sebagian besar permukaan *tray* terisi. *Tray* yang telah terisi kemudian dimasukkan ke dalam pengering konveksi dengan medium pengering udara panas dan proses pengeringan dijalankan. Penguapan air dari bahan ke udara pengering dianggap hanya terjadi dari permukaan atas bahan. Alat pengering konveksi yang digunakan pada prinsipnya terdiri dari *fan* sentrifugal untuk mensuplai aliran udara, pemanas listrik, dan alat pengendali suhu udara panas (*controller*). Sebelum dilewatkan ke permukaan bahan, udara dipanaskan dengan pemanas listrik dan suhu udara dipertahankan konstan dengan menggunakan alat pengendali suhu. Pengeringan dilakukan pada suhu udara pengering 70°C dan 80°C, dengan laju 0,42 m/s. Perubahan kandungan air bahan dari waktu ke waktu diukur dengan menimbang berat bahan selama pengeringan.

3.2 Moisture Ratio

Dari data kandungan air dari waktu ke waktu dapat diketahui rasio kelembaban sampel selama pengeringan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (1)$$

Dimana nilai M_e sangat kecil dibandingkan dengan nilai M_0 dan M , nilai M_e dapat diabaikan dan *moisture ratio* dapat disederhanakan menjadi:

$$MR = \frac{M}{M_0} \quad (2)$$

Untuk memilih model yang sesuai untuk menggambarkan proses pengeringan wortel, kurva pengeringan dilengkapi dengan tujuh persamaan pengeringan lapisan tipis. Model *moisture rasio* yang dievaluasi disajikan pada Tabel 1. Analisis regresi nonlinier dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel 2007 SOLVER. Koefisien determinasi, R^2 merupakan salah satu kriteria utama pemilihan model terbaik. Untuk kecocokan mutu, nilai R^2 harus lebih tinggi.

Table 1. Model Pengeringan Dan Persamaannya

Model	Persamaan
Newton	$MR = \exp(-kt)$
Henderson and Pabis	$MR = a \exp(-kt)$
Logarithmic	$MR = a \exp(-kt) + c$
Two term	$MR = a \exp(-kt) + b \exp(-nt)$
Two term exponential	$MR = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kat)$
Wang and Singh	$MR = 1 + (at) + (bt^2)$
Diffusion approach	$MR = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kbt)$

3.3 Drying Time

Laju pengeringan selama proses pengeringan batch pada wortel dapat dihitung dengan rumus berikut ini:

$$N = \frac{Ss}{A} \left(-\frac{dX}{dt} \right) \quad (3)$$

Tanda negative ini menunjukkan bahwa semakin meningkatnya waktu pengeringan maka kelembabannya menurun. Menggunakan metode *finite difference*:

Pada $t = t_0$

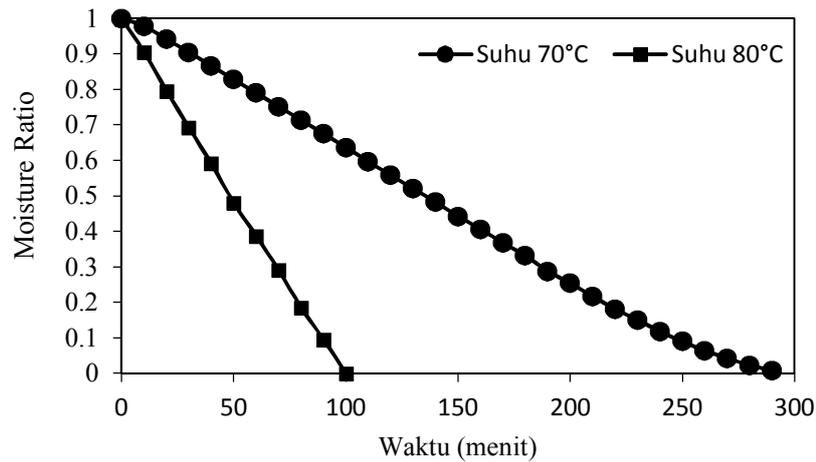
$$N = \frac{Ss}{A} \left(\frac{x_0 - x_1}{t_1 - t_0} \right) \quad (4)$$

4. Hasil dan Pembahasan

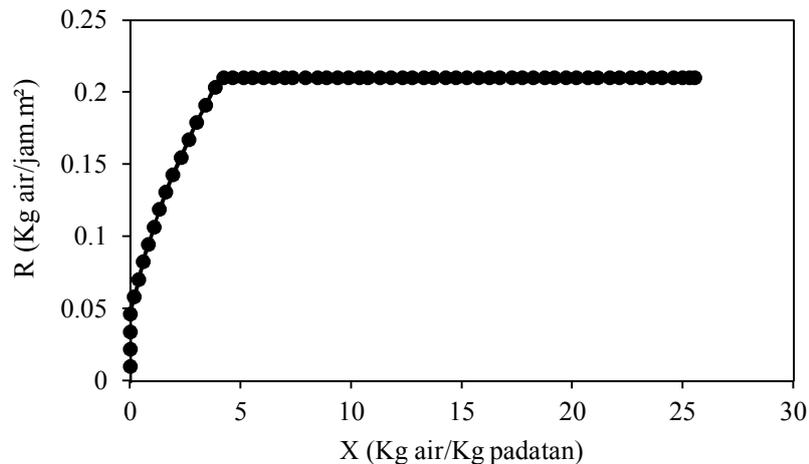
4.1 Karakteristik Pengeringan

Penelitian pengeringan wortel dengan metode batch dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia, Universitas Jenderal Achmad Yani. Kondisi operasi pengeringan wortel pada suhu pengeringan 70 dan 80°C dengan laju alir 0,42 m/s. Pada Gambar 1. menunjukkan bahwa peningkatan suhu pengeringan mempunyai pengaruh yang signifikan dalam penurunan kadar air dan mempercepat waktu pengeringan. Waktu rata – rata pengeringan ini sebesar 290 dan 100 menit. Kadar air akhir pada wortel sebesar 0,19-0,6%(basis kering). Pada proses pengeringan, terjadi perpindahan massa secara difusi dari bahan yang dikeringkan ke media pengering dan perpindahan panas secara konduksi maupun konveksi dari media pengering ke bahan yang dikeringkan (Treyball, 1983). Peningkatan suhu pengeringan

mempengaruhi penurunan kelembaban relative udara sehingga mempercepat perpindahan massa dan panas pada wortel dan media pengering. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang sudah dilakukan Steven et al. (2004) pada pengeringan *batch* pada benih *Cuphea*.



Gambar 1. Pengaruh Suhu Pengeringan Pada Pengeringan Wortel Dengan *Batch Drying*



Gambar 2. Laju Pengeringan pada Pengeringan Wortel Dengan *Batch Drying*

Laju pengeringan (N , kg air yang diuapkan / m^2 menit) didapatkan pada persamaan 3 dan 4. Penurunan massa wortel di ukur setiap 10 menit untuk menentukan laju pengeringan dan kadar air yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa terdapat tiga periode proses pengeringan yaitu pemanasan pendahuluan pada bahan yang dikeringkan, pengeringan dengan kecepatan konstan (*constant rate period*), pengeringan dengan kecepatan menurun (*falling rate period*) (Treyball, 1983). Pada suhu $70^\circ C$ menunjukkan bahwa waktu awal pemanasan laju pengeringan konstan karena uap air pada permukaan bahan tidak terupukan semua. Sedangkan pada suhu $80^\circ C$, laju pengeringan lebih tinggi dibandingkan pada suhu $70^\circ C$ karena kelembaban yang lebih rendah sehingga kadar air di permukaan bahan lebih cepat menguap. Peningkatan suhu pengeringan mempengaruhi penurunan kadar air sehingga *driving force* semakin tinggi dan laju pengeringan lebih cepat (Djaeni, 2007). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu maka laju pengeringan lebih cepat.

4.2 Model Pengeringan

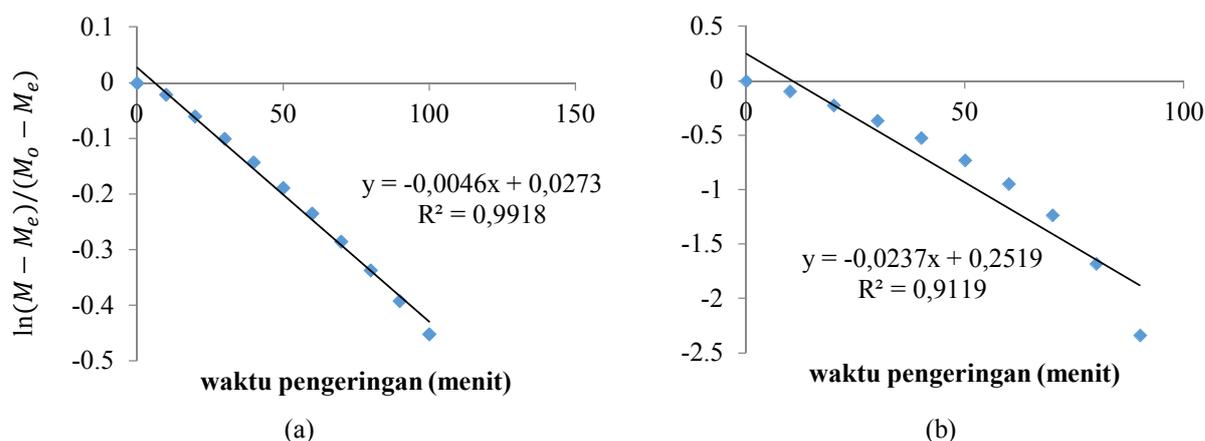
Model *moisture ratio* (MR) antara penelitian dan prediksi untuk pengeringan wortel dengan metode batch pada suhu $70^\circ C$ dan $80^\circ C$ disesuaikan dengan dberbagai model pengeringan (Tabel 1). Koefisien korelasi dan hasil analisis statistik terdapat pada Tabel 2. Pada penelitian ini menggunakan kriteria perbedaan koefisien (R^2). Pemilihan model pengeringan yang paling baik berdasarkan nilai R^2 paling tinggi yaitu dengan model Newton, Henderson dan Pabis, Logarithmic, Two Term, dan pendekatan difusi.

Tabel 2. Analisis Statistika Terhadap Model Matematika Pengeringan Wortel Dengan Metode *Batch Drying*

Model	Suhu(°C)	R ²	Konstanta model			
			k	a	c	b
Newton	70	0,9999	k:0,1582			
	80	0,9999	k:0,4232			
Henderson and Pabis	70	0,9999	k:0,1829	a:1,1409		
	80	0,9999	k:0,5612	a:1,2584		
Logarithmic	70	0,9999	k:1,0037	a:0,9856	c:0,4254	
	80	0,9999	k:1,1967	a:0,8815	c:0,3740	
Two term	70	0,9999	k:0,3083	a:1,1132		b:1,1132
	80	0,9999	k:0,8804	a:1,0713		b:1,0713
Two term exponential	70	0,9952	k:0,1584	a:0,9692		
	80	0,9407	k:0,4232	a:0,9993		
Wang and Singh	70	0,9264		a:-0,1658		b:0,5606
	80	0,9263		a:0,2137		b:-0,3104
Pendekatan difusi	70	0,9999	k:0,1583	a:0,9720		b:0,9717
	80	0,9999	k:0,4232	a:0,9995		b:0,9995

4.3 Konstanta Pengeringan

Konstanta laju pengeringan wortel pada suhu pengeringan 70 dan 80°C dianalisis dengan membuat grafik $\ln(M - M_e)/(M_0 - M_e)$ versus waktu yang ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai *slope* pada Gambar 3 menunjukkan bahwa konstanta laju pengeringan. Konstanta laju pengeringan didapatkan dari persamaan linier orde satu pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan $\ln(M - M_e)/(M_0 - M_e)$ Dengan Waktu Pengeringan Pada Suhu Pengeringan (A)70°C dan (B) 80°C Menggunakan Model Newton

Hasil analisis konstanta laju pengeringan wortel pada berbagai suhu ditunjukkan pada Tabel 3. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin cepat konstanta laju pengeringan. Konstanta laju pengeringan ini diperoleh menggunakan model Newton. Hasil analisis statistik menggunakan Ms. Excel digunakan untuk mengetahui konstanta laju pengeringan. Berdasarkan hasil anova untuk respon konstanta laju pengeringan bahwa model berpengaruh nyata atau signifikan terhadap respon dimana didapatkan nilai P pada suhu 70°C sebesar 0,05 sedangkan pada suhu 80°C nilai P sebesar 0,0007. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Ernes dkk. (2014) bahwa respon mempunyai pengaruh nyata jika nilai P kurang dari 5%. Pada suhu 70°C didapatkan R² sebesar 0,72 yang menunjukkan bahwa variabel waktu pengeringan memberikan pengaruh sebesar 72,45% pada nilai respon konstanta laju pengeringan, sedangkan 27,55% dipengaruhi faktor lain yang tidak dimasukkan dalam model. Pada suhu 80°C diperoleh R² sebesar 0,34. Maka persamaan regresi orde satu ini tidak bisa digunakan karena mempunyai nilai error yang besar sehingga diperlukan analisis selanjutnya dengan metode persamaan ganda.

Tabel 3. Konstanta Laju Pengeringan Wortel pada berbagai Suhu

Waktu (menit)	T = 70°C		T = 80°C	
	k eksperimen	k prediksi	k eksperimen	k prediksi
0	0,0000	0,2519	0,0000	0,2519
10	0,1298	0,2511	0,5943	0,2480
20	0,1808	0,2504	0,6830	0,2440
30	0,2003	0,2496	0,7320	0,2401
40	0,2149	0,2488	0,7859	0,2361
50	0,2262	0,2481	0,8768	0,2322
60	0,2353	0,2473	0,9478	0,2282
70	0,2445	0,2465	1,0560	0,2243
80	0,2523	0,2458	1,2619	0,2203
90	0,2612	0,2450	1,5602	0,2164
100	0,2709	0,2442	13,5720	0,2124

Kesimpulan

Penelitian wortel dengan metode *batch* dapat disimpulkan bahwa pada suhu pengeringan 70 dan 80°C terjadi penurunan kadar air pada wortel. Peningkatan suhu pengeringan dapat mempercepat waktu pengeringan. Peningkatan *driving force* pada suhu 80°C lebih besar sehingga laju pengeringan lebih cepat. Data pengeringan *batch* menunjukkan bahwa model Newton, Henderson dan Pabis, Logarithmic, Two Term, dan pendekatan difusi pada suhu 70°C dan 80°C memiliki R² yang paling tinggi. Namun hasil anova antara konstanta laju pengeringan eksperimen dan prediksi mempunyai nilai error yang besar sehingga diperlukan analisis selanjutnya dengan metode persamaan ganda.

Daftar Notasi

a, b, c, n	=	Empirical constants in drying models
Deff	=	Effective moisture diffusivity, m ² /s
K	=	Drying constant
L	=	Thickness of foam mat, m
M	=	Moisture content at time t, kg moisture.
Me	=	Equilibrium moisture content, kg moisture.
Mo	=	Initial moisture content, kg moisture.
MR	=	Dimensionless moisture ratio
N	=	Number of observations
R ²	=	Coefficient of determination
T	=	Drying time, h
Z	=	Number of drying constants
EW	=	Egg white

Daftar Pustaka

- Djaeni, M.; Bartels, P.; Sanders, J.; Straten, G. Van; Boxtel, A.J.B. Van. (2007). Process Integration for Food Drying With Air Dehumidified By Zeolites. *Journal Drying Technology*. Vol 25. Issue 1. 225-239.
- Ernes, A., Lia R., Agustin K.W. dan Joni K. (2014). Optimasi bagas tebu oleh *Zymomonas mobilis* CP4 (NRRL B-14023) untuk produksi bioetanol. *Agritech* **34**(3): 247-256.
- Treyball, R. E., 1983. Mass Transfer Operation 3ed, *Mcgraw - Hill Book Company*, New York.
- Prakash, S., Jha, S. K. And Datta, N., Performance Evaluation of Dried Blanched Carrots by Three Different Driers. *Journal of Food Engineering*, 62, P-305(2004).
- Prochezian E, Ansari Sh. (2000). Analgesic and Anti-Inflammatory Activity of Volatile Oil from *Daucus Carota* Linn. *Indian J Nat Prod*. 6(1):24e6.
- Abou Zeinab Rm, Mroueh M, Daher Cf. (2008). Potent Anti-Tumor Promoting Effects of *Daucus Carota* Oil Extract in Mice. *Planta Med*. 74:1008.
- Bishayee A, Sarkar A, Chaterjee M. (1995). Hepatoprotective Activity of Carrot Against Carbon Tetrachloride Intoxication in Mouse Liver. *J Ethnopharmacol*. Jul; 47(2):69e74.
- Neef H, Declercq P, Laekeman G. (1995). Hypoglycemic Activity of Selected European Plants. *Phytother Res*. Feb; 9(1):45e8.
- Patil Mvk, Kandhare Ad, Bhise Sd. (2012). Anti-Inflammatory Effect of *Daucus Carota* Root on Experimental Colitis in Rats. *Int J Pharm Sci*. 4(1):337e43.
- Fan, L.P., Zhang, M. And Mujumdar, A.S. (2005). Vacuum Frying Of Carrot Chips. *Dry. Technol*. 23, 645–656.
- Zielinska, M. And Markowski, M. (2007). Drying Behavior of Carrots Dried in a Spout-fluidized Bed Dryer. *Dry. Technol*. 25, 261–270.

- Mardiah, Fransisca Rungkat Zakaria, Endang Prangdimurti, Rizal Damanik. (2015). Perubahan Kandungan Kimia Sari Rosela Merah Dan Ungu (*Hibiscus Sabdariffa* L.) Hasil Pengeringan Menggunakan *Cabinet Dryer* Dan *Fluidized Bed Dryer*. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 25 (1):1-7
- E. Demiray And Y. Tulek. (2013). Color Degradation Kinetics of Carrot (*Daucus Carota* L.) Slices during Hot Air Drying. *Journal Of Food Processing And Preservation* 39. 800-805
- Steven C. Cermak, Terry A. Isbell, Judd E. Isbell, Gregory G. Akerma, Benjamin A. Lowery, Amy B. Deppe. (2004). Batch Drying Of Cuphea Seeds. *Industrial Crops And Products* 21. 3