

Penelitian/Research

MODEL SORPSI ISOTERMI DENDENG SAPI GILING

Sorption Isotherm Model for Dendeng

Rizal Alamsyah^{a)}, Putiati Mahdar^{b)}, Rotua Eva Irene^{b)}

- a) Balai Penelitian Kemurgi dan Aneka Industri,
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Hasil Pertanian (BBIHP),
Jl. Ir. H. Juanda 11, Bogor 16122
- b) Jurusan Mekanisasi Pertanian,
Fakultas Teknologi Pertanian IPB,
Kampus Darmaga Bogor PO. BOX. 122

Abstract : The study was aimed at designing adsorption and desorption model of "dendeng" by investigating its static equilibrium moisture content conducted at 30° C and 40° C, relative humidity (RH) level 32, 43, 62, 63.5, 75, 80, and 81 % for adsorption model, and 11, 32, 43, 62, 63.5, 75 % for desorption model. Six model of Caurie, Bradley, Halsey, Oswin, and Clen-Clayton were employed and modified to investigate a model which appropriate for "dendeng" composition. Before gaining the models and curves it were initially calculated some constants. The modification of Cauries model gave the best results for both desorption and desorption condition.

PENDAHULUAN

Dendeng adalah produk tradisional daging kering yang merupakan kombinasi antara proses *curing* (penambahan gula, garam, dan rempah-rempah) dengan proses pengeringan (DIREKTORAT GIZI, DEPKES RI, 1981).

Pada umumnya dendeng yang ada di pasaran adalah dendeng sapi, baik dendeng sapi giling maupun dendeng sapi iris. Dendeng sapi giling adalah produk daging yang berbentuk lembaran yang terbuat dari gilingan daging segar yang diberi bumbu dan dikeringkan. Sedangkan dendeng sapi iris adalah produk daging segar yang diberi bumbu dan dikeringkan (DIREKTORAT, GIZI, DEPKES, 1981)

Secara alami, dendeng tersebut dapat menyerap air dari udara sekeliling dan juga sebaliknya dapat melepaskan sebagian air yang terkandung ke udara. Sifat-sifat tersebut umumnya digambarkan dengan kurva

sorpsi isotermi ataupun model matematisnya (HELD-MAN dan SINGH, 1981; DUMANAW 1991; dan HENDERSON dan PERRY, 1976). Model matematis dan kurva tersebut merupakan hubungan antara kadar air bahan atau aktifitas air (a_w) dan kelembaban relatif keseimbangan ruang penyimpanan bahan (ERH) pada suhu tertentu.

Dengan diketahuinya model matematik sorpsi isotermi tersebut dengan mudah diketahui kadar air keseimbangan bahan sehingga data tersebut dapat digunakan untuk membantu dalam mendisain suatu pengemasan, menduga karakteristik bahan pangan selama penyimpanan serta dapat membantu mendisain peralatan pengeringan.

Model matematik sorpsi isotermi telah banyak dilakukan baik yang secara teoritis, semi teoritis, maupun empiris (LABUZA, 1985). CAURIE di dalam LAMAURO (1984) telah membuat hubungan antara kadar air keseimbangan (M_e) dan a_w untuk bahan pangan pada selang a_w 0.0 - 0.85 :

$M_e = P(1) \exp[P(2)aw]$ (1)
di mana P(1) dan P(2) : tetapan.

BRADLEY (1936) di dalam LAMAURO (1984) menurunkan persamaan isotermi yang berlaku untuk bahan pangan dengan selang RH 5 - 95 % :

$$\ln(1/aw) = P(2) P(1)^{Me} \text{(2)}$$

Persamaan HALSEY (1948) di dalam ISSE (1992) digunakan untuk bahan makanan dengan RH 10 - 81 % :

$$Aw = \exp[-P(1)/(Me)^{P(2)}] \text{(3)}$$

Sedangkan OSWIN dan CEN-CLAYTON(197.) didalam LAMAURO (1984) membuat model persamaan yang berlaku untuk semua aktifitasnya. Persamaannya ber-turut-turut adalah :

$$M_e = P(1)[aw/(1-aw)] P(2) \text{(4)}$$

$$Aw = \exp[-P(1) \exp[-P(2)Me]] \text{(5)}$$

Nilai tetapan pada persamaan-persamaan sorpsi isotermi akan mempengaruhi bentuk kurva dan secara perhitungan nilai tetapan tersebut untuk setiap bahan pangan berbeda sesuai dengan komposisi yang dikandung dalam bahan tersebut. Secara umum kurva sorpsi isotermi bahan pangan berbentuk sigmoid (menyentuh huruf s). Penelitian yang berhubungan dengan model sorpsi isotermi untuk produk dendeng sapi giling masih belum banyak dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model sorpsi isotermi yang sesuai untuk produk dendeng sapi giling. Tujuan lainnya adalah untuk menentukan kadar air kesetimbangan statis dendeng sapi giling pada suhu 30 °C dan 40 °C pada berbagai tingkat RH (32, 43, 62, 63.5, 75, 80, dan 81) untuk adsorpsi dan RH (11, 32, 61, 62, 63.5, 75 %) untuk desorpsi. Penentuan model yang dilakukan dengan memodifikasi kelima persamaan tersebut di atas.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari daging sapi segar, garam, gula, bumbu seperti lengkuas, lada asam jawa, ketumbar, bawang putih, dan bawang merah. Sedangkan bahan penolong yang digunakan terdiri dari Magnesium klorida ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$), Lithium klorida (LiCl), Kalium karbonat (K_2CO_3), Natrium nitrit ($NaNO_2$), Natrium klorida (NaCl), dan Amonium sulfat $[(NH_4)_2SO_4]$.

Alat

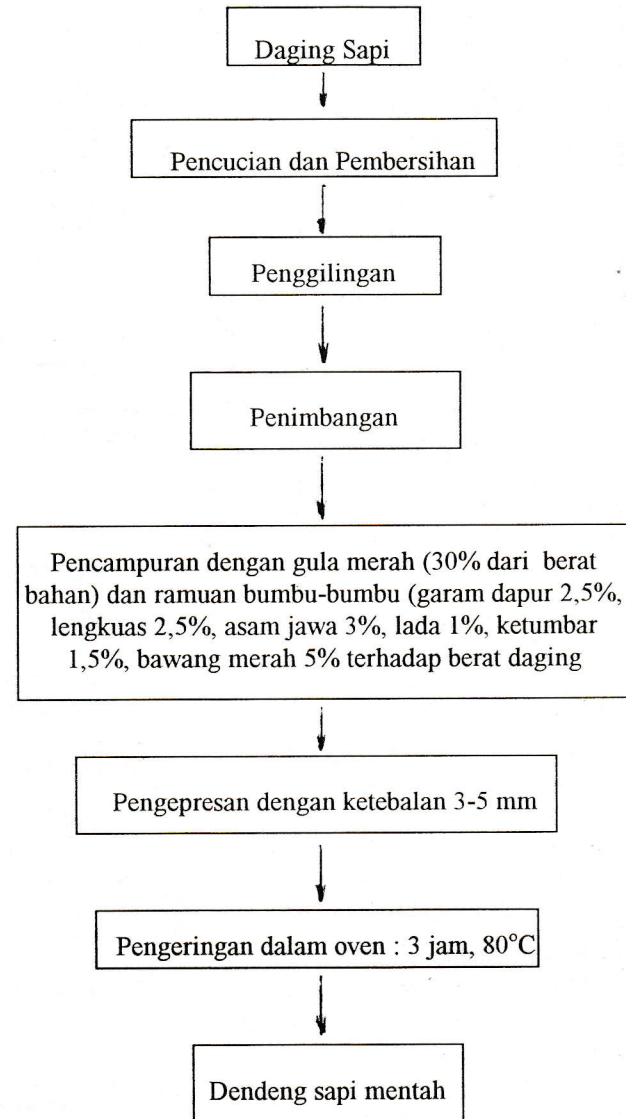
Peralatan yang digunakan selama penelitian mencakup peralatan untuk membuat dendeng seperti

oven, penghancur bumbu (mixer), pisau, talenan, desikator kecil (diameter 10 cm dan tinggi 10 cm), inkubator (simpangan suhu ± 1 °C), neraca analitik, alat pres, wadah aluminium, dan oven untuk pengukuran kadar air.

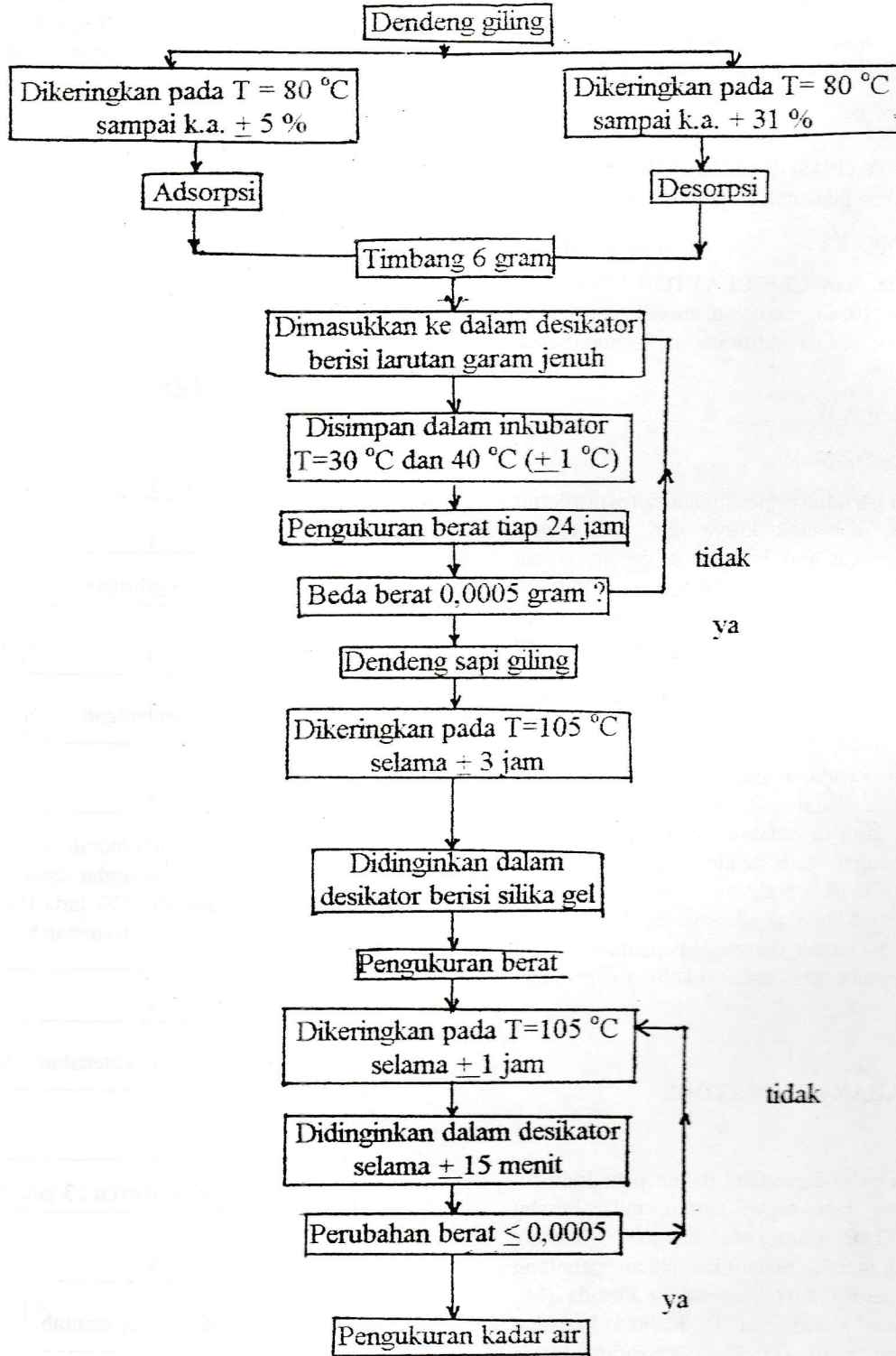
Metode

Pembuatan Dendeng Sapi Giling

Komposisi bahan dendeng sapi giling didasarkan hasil penelitian MUHTADI dan SETIAWATI (1985) secara garis besar pembuatannya disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan dendeng sapi giling



Gambar 2. Diagram Alir Tahap Penentuan Sorpsi Isotermi

Penentuan Model Sorpsi Isotermi

Persamaan yang digunakan dalam menentukan model sorpsi isotermi adalah model Caurie, Bradley, Halsey, Oswin, dan Clen-Clayton. Pemilihan ini didasarkan pada penelitian sebelumnya bahwa model ini cocok untuk RH antara 10 - 85 %, sehingga mewakili ketiga garis daerah yang dibagi oleh LABUZA (1985).

Persamaan non linier dari persamaan yang ada dibuat dalam bentuk persamaan linier, sehingga dapat ditentukan nilai tetapannya atau konstantanya dengan menggunakan metode kuadrat terkecil. Persamaan Caurie (1) seperti di atas diubah menjadi persamaan :

$$\ln Me = \ln P(1) - P(2) a w \dots\dots\dots (6)$$

yang merupakan persamaan garis lurus dengan bentuk umum:

$$Y = a + b x \dots\dots\dots (7)$$

di mana,

$$Y = \ln(Me), \quad x = a w, \quad a = \ln P(1)$$

$$P(1) = \text{eks}(a), \quad b = -P(2)$$

Dengan menggunakan metode kuadrat terkecil akan didapatkan nilai konstanta P(1) dan P(2) yaitu :

$$b = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2} \dots\dots\dots (8)$$

$$a = \frac{\sum y_i - b \sum x_i}{n}$$

$$a = y - b x$$

Persamaan Bradley (2) diubah menjadi bentuk linier, yaitu:

$$\log[\ln(1/a w)] = \log P(2) + \log P(1) Me \dots\dots\dots (9)$$

di mana : $Y = \log[\ln(1/a w)]$

$$x = Me, \quad a = \log P(2), \quad b = \log P(1)$$

Persamaan Halsey dari persamaan (3) diubah menjadi persamaan sebagai berikut :

$$\ln(1/a w) = P(1) / Me^{P(2)} \dots\dots\dots (10)$$

$$\log[\ln(1/a w)] = \log P(1) - P(2) \log Me \dots\dots\dots (11)$$

di mana,

$$y = \log[\ln(1/a w)] \text{ dan } x = \log Me$$

$$a = \log P(1), \quad P(1) = 10^a \quad b = -P(2)$$

Sedangkan persamaan Oswin dari bentuk

$$Me = P(1) x [Aw / (1 - Aw)]^{P(2)} \dots\dots\dots (11)$$

diubah menjadi bentuk sebagai berikut :

$$Me = \ln P(1) + P(2) \ln [Aw / (1 - Aw)] \dots\dots\dots (12)$$

di mana,

$$y = \ln Me \text{ dan } x = \ln [Aw / (1 - Aw)]$$

$$a = \ln P(1) \text{ dan } b = P(2)$$

Persamaan Clen-Clayton dari persamaan (5) diubah menjadi bentuk linier adalah sebagai berikut :

$$\ln[\ln(1/Aw)] = \ln P(1) - P(2) Me \dots\dots\dots (13)$$

di mana

$$y = \ln Me \quad x = \ln [Aw / (1 - Aw)], \text{ dan } a = \ln P(1) \quad b = -P(2)$$

Penentuan Sorpsi Isotermi

Teknik dasar yang digunakan dalam percobaan ini adalah pengukuran berat contoh bahan selama berada dalam lingkungan yang tetap dengan cara mempertahankan suhu dan RH yang konstan. Untuk mendapatkan suhu konstan digunakan inkubator dengan simpangan ± 1 °C serta digunakan dua tingkat suhu yaitu 30 °C dan 40 °C. Pemilihan tingkat suhu ini dengan pertimbangan suhu di daerah Indonesia berkisar pada suhu tersebut.

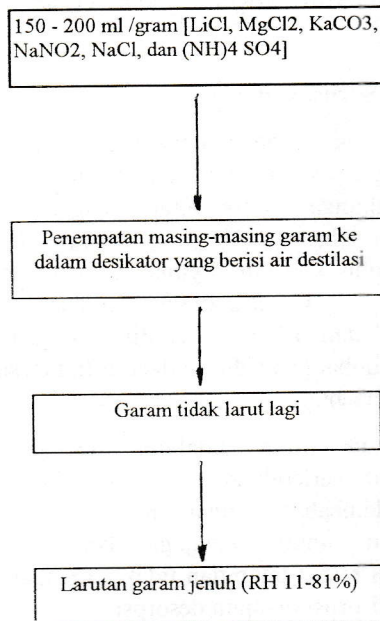
Tahap penelitian didahului dengan persiapan larutan jenuh berlebih ke dalam air destilasi sebagai pengatur kelembaban ruangan. Kelebihan garam-garam dimaksudkan untuk menjaga kejenuhan larutan sehingga RH relatif tetap dan tidak terpengaruh dengan terjadinya adsorpsi maupun desorpsi.

Penelitian dilakukan dengan pendekatan adsorpsi dan desorpsi. Untuk percobaan isoterm adsorpsi, digunakan dendeng sapi giling dengan k.a ± 31 %. Untuk setiap perlakuan dendeng sapi dipotong dengan ukuran (panjang x lebar x tebal 2 cm x 2 cm x 2 mm), kemudian ditimbang dalam cawan aluminium yang telah diukur beratnya dan dimasukkan ke dalam desikator yang berisi larutan garam jenuh. Desikator kemudian disimpan dalam inkubator pada suhu 30 ± 1 °C. Perlakuan yang sama juga dilakukan pada suhu 40 ± 1 °C.

Pengukuran berat cawan berisi bahan dilakukan setiap 24 jam sekali dan penimbangan dihentikan apabila keseimbangan telah tercapai yang ditunjukkan dengan tidak terjadinya perubahan berat atau adanya perubahan berat yang kecil sekali (0,005) (SYARIEF, 1993). Secara skematis tahap-tahap penentuan sorpsi isotermi disajikan pada gambar 2.

Penentuan RH

RH yang digunakan diperoleh dengan menggunakan larutan garam jenuh. Larutan garam jenuh biasanya digunakan untuk mempertahankan kelembaban ruang penyimpanan (HELEN dan GILBERT, 1985). Dalam percobaan ini digunakan 5 tingkat RH yang dibuat dari 5 jenis larutan garam jenuh pada suhu 39°C dan 40°C sesuai percobaan PALIPANE dan DRISCOLL (1992) seperti terlihat pada Tabel 1. Sedangkan diagram pembuatan larutan garam jenuh disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir pembuatan larutan garam jenuh

Tabel 1. Kelembaban nisbi (RH) larutan garam jenuh (%)

Garam	Rumus kimia	RH pada 30 °C	RH pada 40 °C
Lithium klorida	LiCl	11	11
Magnesium Klorida	MgCl ₂	32	32
Kalium karbonat	K ₂ CO ₃	43	43
Natrium nitrit	NaNO ₂	63,25	62
Natrium klorida	NaCl	75	75
Amonium sulfat	(NH ₄) ₂ SO ₄	81	80

Sumber : PALIPANE dan DRISCOLL, 1992

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air Keseimbangan

Data yang diperoleh merupakan data perubahan berat menurut interval waktu sampai mencapai keseimbangan pada kondisi suhu dan RH tertentu, yaitu bila perubahan pada berat yang terjadi lebih kecil atau sama dengan 0,005. Kadar air keseimbangan rata-rata dendeng sapi giling tersaji pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Berdasarkan data pada Tabel 2 dan Tabel 3 diketahui bahwa kadar air keseimbangan dendeng sapi giling secara desorpsi pada tingkat suhu dan RH yang sama lebih tinggi dari pada kadar air keseimbangan secara adsorpsi. Hal ini sesuai dengan fenomena histerisis di mana pada suhu dan aktifitas air (Aw) yang sama mempunyai kadar air keseimbangan yang berbeda.

Tabel 2. Kadar air keseimbangan (Me) dendeng sapi giling secara adsorpsi pada berbagai suhu dan RH

RH (%)	Me (%bk)	RH (%)	Me (%bk)
32	,257	32	8,417
43	11,000	43	10,248
63,5	21,385	62	21,05
75	2,736	75	2,000
81	35,760	80	33,51

Tabel 3. Kadar air keseimbangan (Me) dendeng sapi giling secara desorpsi pada berbagai suhu dan RH

RH (%)	Me (%bk)	RH (%)	Me (%bk)
11	6,522	11	5,512
32	,480	32	8,843
43	13,150	43	12,12
63,5	22,2	62	22,010

Dari data Me pada Tabel 1 dan Tabel 2 dapat dikatakan bahwa RH yang semakin meningkat akan menyebabkan Me meningkat. Misal pada Tabel 1 kenaikan RH dari 32 % hingga 43% pada suhu 30°C akan menaikkan Me dari 9,257% (bk) menjadi 11,500% (bk), hal ini disebabkan udara lingkungan yang mengandung uap air mengakibatkan migrasi uap air ke dalam bahan lebih besar untuk mencapai Me dengan lingkungan.

Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan bahwa Me dendeng sapi giling secara desorpsi pada suhu dan RH yang sama, lebih tinggi dari Me dendeng sapi giling secara adsorpsi. Hal ini sesuai dengan fenomena histeresis, di mana pada suhu dan Aw yang sama mempunyai Me yang berbeda.

Waktu yang dibutuhkan dendeng sapi giling untuk mencapai Me pada RH rendah lebih lama dibandingkan dengan RH lebih tinggi. Hal ini berlaku pada kedua pendekatan baik secara adsorpsi dan desorpsi. Pada RH diperlakukan konstan maka kenaikan suhu konstan mengakibatkan penurunan kadar air bahan. Hal ini terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 di mana pada RH yang sama (32%) Me turun dari 9,257 % (bk) menjadi 8,417 % (bk) secara adsorpsi dari Me 9,280 (bk) menjadi 8,843 % (bk) secara desorpsi.

Model Persamaan Sorpsi Isotermi

Dengan diketahuinya nilai-nilai konstanta P(1) dan P(2) dari persamaan (1) hingga persamaan (5) maka dapat dibuat modifikasi persamaan model Caurie, Bradley, Halsey, Oswin, dan Clen-Clayton

untuk suhu 30 °C dan 40 °C. Nilai-nilai konstanta adsorpsi dan desorpsi isotermidendeng sapi giling dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai-nilai konstanta persamaan adsorpsi dan desorpsi isotermi dendeng sapi giling

Persamaan	Konstanta	Adsorpsi 30 °C 40 °C	Desorpsi 30 °C 40 °C
Caurie	P(1)	3,611	4,641
		3,013	3,908
	P(2)	-2,811	-2,487
		-2,999	-2,718
Bradley	P(1)	0,940	0,927
		0,940	0,927
	P(2)	1,845	2,729
		1,765	2,576
Halsey	P(1)	16,558	21,330
		11,803	14,859
	P(2)	1,201	1,250
		1,103	1,144
Oswin	P(1)	14,541	16,451
		13,640	15,549
	P(2)	0,636	0,503
		0,600	0,550
Clen-Clayton	P(1)	1,839	2,724
		1,756	2,578
	P(2)	0,062	0,076
		0,062	0,076

Uji Ketepatan Model

Untuk mengetahui ketepatan dari model-model yang dievaluasi digunakan kriteria modulus deviasi (P) melalui persamaan (14) (Lamauro, 1984). Nilai tersebut menunjukkan ketepatan suatu persamaan dalam menggambarkan sorpsi isotermi dari dendeng sapi giling.

$$P = 100/n \sum_{i=1}^n (M_i - M_{pi})/M_i \dots \dots \dots (14)$$

Jika nilai P kurang dari 5, maka model tersebut sangat tepat dalam menggambarkan keadaan sorpsi isotermi yang sebenarnya. Bila nilai P antara 5 dan 10 maka model persamaan tersebut

kurang tepat dan bila nilai P lebih besar dari 10, maka model tersebut tidak tepat. Besarr nilai P dari masing-masing persamaan dapat dilihat pada Tabel 5.

Apabila dijumpai lebih dari satu model persamaan yang memiliki nilai P<5, maka model yang terbaik adalah model dengan nilai P terkecil. Dengan melihat Tabel 4, persamaan yang tepat untuk dendeng sapi giling adsorpsi adalah model Caurie, Halsey, dan Oswin, sedangkan untuk desorpsi model persamaan yang tepat adalah Caurie dan Halsey :

Adsorpsi :

- 1. Caurie (T=30 °C dan T=40 °C)

$$\ln Me = \ln (3,611) + 2,811 Aw$$

$$\ln Me = \ln (3,083) + 2,999 Aw$$

- 2. Halsey (T=30 °C dan T=40 °C)

$$\log Me = \log 16,558 - \log [\ln(1/Aw)] / 1,201$$

$$\log Me = \log 11,803 - 20 \log [\ln(1/Aw)] / 1,103$$

- 3. Oswin (T=30 °C dan T= 40 °C)

$$Me = 14,541 (Aw/(1-Aw))^{0,636}$$

$$Me = 13,640 (Aw/(1-Aw))^{0,680}$$

Desorpsi :

Caurie (T=30 °C dan T=40 °C)

$$\ln Me = \ln(4,641) + 2,487 Aw$$

$$\ln Me = \ln(3,908) + 2,718 Aw$$

Halsey (T=30 °C dan T=40 °C)

$$\log Me = \frac{\log 1,330 - \log[\ln(1/Aw)]}{1,201}$$

$$\log Me = \frac{\log 14,859 - \log[\ln(1/Aw)]}{1,144}$$

Dari keseluruhan model yang dievaluasi, model Caurie adalah model yang paling tepat untuk kedua perlakuan (adsorpsi maupun desorpsi). Hal ini diperoleh karena nilai modulus deviasi pada model Caurie adalah yang terkecil yaitu 3,339 (adsorpsi) dan 4,002 (desorpsi) walaupun nilai modulus pada model Halsey dan Oswin juga lebih kecil dari 5.

Tabel 5. Nilai Modulus Deviasi (P) dendeng sapi Giling

Persamaan	Suhu (°C)	Adsorpsi	Desorpsi
Caurie	30	2,298	4,435
	40	4,380	3,5694
P rata-rata		3,339	4,002
Bradley	30	6,860	20,530
	40	6,900	22,036
P rata-rata		6,880	21,283
Hasley	30	3,625	4,699
	40	6,041	5,029
P rata-rata		4,833	4,864
Oswin	30	3,120	10,290
	40	5,600	9,871
P rata-rata		4,340	10,080
Clen-Clayton	30	6,830	20,516
	40	6,851	22,069
P rata-rata		6,840	21,292

Secara umum kurva sorpsi adsorpsi isotermin menunjukkan polayang sama, kenaikan suhu pada RH yang konstan akan menggeser kurva sorpsi isotermin ke bawah sehingga terjadi penurunan kadar air keseimbangan bahan. Pada gambar 4 dan 5 disajikan kurva adsorpsi dan desorpsi modifikasi model Caurie dibandingkan dengan data percobaan.

KESIMPULAN

Dari data kadar air keseimbangan (Me) yang didapat dapat disimpulkan bahwa semakin meningkat RH akan menyebabkan Me akan meningkat. Tabel 1 menunjukkan bahwa kenaikan RH dari 32 % sampai 43 % pada suhu 30 °C akan menaikkan Me dari 9,257 % basis kering (bk) menjadi 11,500 % (bk), hal ini disebabkan udara lingkungan yang mengandung uap air mengakibatkan migrasi uap air ke dalam bahan yang lebih besar yaitu untuk mencapai Me dengan lingkungannya.

Dari keseluruhan model yang dievaluasi, model Caurie adalah model yang paling tepat untuk kedua perlakuan (adsorpsi dan desorpsi), karena nilai modulus deviasi pada model persamaan Caurie adalah terkecil.

Adsorpsi :

$$\ln Me = \ln (3,611) + 2,811 Aw, (T=30 °C)$$

$$\ln Me = \ln (3,083) + 2,999 Aw, (T=40 °C)$$

Desorpsi :

$$\ln Me = \ln (4,641) + 2,487 Aw, (T=30 °C)$$

$$\ln Me = \ln (3,908) + 2,718 Aw, (T=40 °C)$$

Nilai kadar air keseimbangan adsorpsi dan desorpsi yang diperoleh dengan menggunakan metode Caurie pada suhu 30 °C dan 40 °C bila RH ruang penyimpanan 55 % yaitu sebesar :

Adsorpsi :

$$19,964 \% \text{bk pada suhu } 30 °C$$

$$16,046 \% \text{bk pada suhu } 40 °C$$

Desorpsi :

$$18,226 \% \text{bk pada suhu } 30 °C$$

$$17,425 \% \text{bk pada suhu } 40 °C$$

Dari nilai kadar air keseimbangan yang diperoleh di atas dapat dilihat bahwa nilai yang dihasilkan tidak berbeda jauh dari pendekatan adsorpsi maupun desorpsi. Hal ini berarti dengan menggunakan metoda adsorpsi maupun desorpsi akan diperoleh kadar air keseimbangan sekitar 16 % bk sampai 18 % bk.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists*, Vol. I. 15 th ed, Virginia, AOAC, 1990.
- DESROSIER, N.W. *Meat Technology, Elements of Food Technology*. Westport, AVI, 1977.
- DIREKTORAT GIZI, DEPARTEMEN KESEHATAN RI. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Bhatara Karya Aksara, Jakarta, 1981.
- DUMANAW, F.M. "Penentuan Model Sorpsi Isotermin Cabe Merah (*Capsicum annum L*) dengan Metoda Dinamis". (Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, 1991).
- HELDMAN, D.R. dan SINGH, R.P. *Food Process Engineering*. 2 nd Ed. Westport, AVI. 1981.

- HELEN, H.J. dan GILBERT, S.G. "Moisture Sorption of Dry Bakery Product by Invers Gas Chromatography". *J. Food Sci*, 50 (2) 1985: 454-457.
- HENDERSON, dan PERRY, *Agricultural Process Engineering*. Westport, AVI, 1976.
- ISSE. "Devided Sorption Isotherm Concept an Alternative Way to Describe Sorption Isoterm Data. *J. Food Process Engineering*, 16 (1) 1983: 147-157.
- LAMAURO. "Diffusion of Water in Food During Storage". (Master Thesis. Minnesota. USA. 1984).
- MUCHTADI, D dan SETIAWATI, E. "Studies on "Dendeng" an Indonesian Tradisional Preserved Product". *Media Teknologi Pangan*, 16 (1) 1983: 147-157.
- SYARIEF, R. *Teknologi Penyimpanan Pangan*. Arcan. PAU. Bogor. 1993.
- PALIPANE dan DRISCOLL, R. "Moisture Sorption Characteristic of in Shell Macadamia Nuts". *J. Food Engineering*, 18 (1) 1992: 63-67.