

Pendugaan Umur Simpan Produk Granula Ubi Kayu Menggunakan Model Isoterm Sorpsi Air

Shelf life Prediction of Cassava Granule using Moisture Sorption Isotherm Model

Sugiyono^a, Hoerip Satyagraha^b, Wiwiek Joelijani^c, Elvira Syamsir^a

^aDepartemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian IPB
Jl. Lingkar Akademik, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 PO Box 220 Bogor 1600

^bAlumni Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

^cBadan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

Jalan M.H. Thamrin 8 Jakarta 10340

Email : sugiyono@ipb.ac.id

Naskah diterima : 5 September 2012

Revisi Pertama : 8 September 2012

Revisi Terakhir : 25 September 2012

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan umur simpan produk granula ubi kayu dengan menggunakan model isoterm sorpsi air dan pendekatan kadar air kritis. Kurva isoterm sorpsi produk granula ubi kayu berbentuk sigmoid. Uji ketepatan model persamaan kurva isoterm sorpsi menunjukkan bahwa model Henderson paling tepat menggambarkan kurva isoterm sorpsi granula ubi kayu. Granula ubi kayu memiliki kadar air awal 4,92 persen (bk) dan kadar air kritis 15,24 persen (bk). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa granula ubi kayu yang dikemas dalam LDPE, MDPE dan PP pada RH 95 persen mempunyai umur simpan masing-masing 256 hari (8,5 bulan), 427 hari (14 bulan), dan 693 hari (23 bulan).

kata kunci : granula ubi kayu, umur simpan, isoterm sorpsi air

ABSTRACT

The objective of this research was to predict the shelf life of cassava granule using moisture sorption isotherm model based on critical moisture approach. The sorption isotherm curve of the product showed to be sigmoidal. The Henderson model was found to be the best-fit for the product. The product had an initial moisture content of 4.92 percents (db) dan a critical moisture content of 15.24 percents (db). Based on calculations, the shelf life of cassava granules packaged in LDPE, MDPE, PP and stored at relative humidity of 95 percents, had shelf lives of 256 days (8.5 months), 427 days (14 months), and 693 days (23 months) respectively.

keywords : cassava granule, shelf life, moisture isotherm sorption

I. PENDAHULUAN

Hasil penelitian tentang pembuatan granula ubi kayu yang disuplementasi dengan tepung kecambah kedelai telah dilaporkan sebelumnya (Sugiyono,dkk., 2012). Formula dan proses untuk menghasilkan produk terbaik telah dilaporkan yaitu granula ubi kayu yang disuplementasi dengan tepung kecambah kedelai sebesar 20 persen dengan perlakuan

tanpa penambahan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ dan waktu sangrai 20 menit pada suhu 70°C . Produk granula ubi kayu terbaik tersebut memiliki densitas kamba sebesar 0,62 g/ml, kadar air 5,95 persen, kadar protein 11,31 persen, kadar lemak 0,87 persen, kadar abu 3,04 persen kadar karbohidrat 78,83 persen, kadar pati 45,21 persen, kadar serat 2,50 persen, daya rehidrasi 3,76 g air/g, dan kadar HCN 12,30 ppm.

Produk granula ubi kayu diharapkan dapat menggantikan beras dalam menu makan sehari-hari. Dengan demikian daya simpan produk granula ubi kayu menjadi faktor penting yang harus diperhatikan. Idealnya, produk granula ubi kayu harus awet sehingga dapat disimpan lama tanpa mengalami kerusakan yang nyata. Oleh karena itu, umur simpan produk granula ubi kayu perlu diketahui.

Umur simpan (*shelf life*) merupakan salah satu parameter yang sangat penting pada mutu produk pangan. Umur simpan merupakan waktu yang dilalui suatu produk dari saat selesai diproduksi sampai produk tersebut tidak dapat diterima oleh konsumen karena telah mengalami penurunan mutu atau kerusakan. Umur simpan suatu produk bergantung pada beberapa faktor diantaranya jenis produk, metode pengolahan, pengemasan dan kondisi penyimpanan (Sugiyono, 2001).

Penentuan umur simpan pada umumnya didasarkan pada mekanisme kerusakan dan laju kerusakannya (Taoukis dan Labuza, 1996). Dalam prakteknya, penentuan umur simpan dilakukan dengan cara mengamati perubahan faktor mutu produk selama periode tertentu. Oleh karena itu, mekanisme perubahan faktor mutu dan lajunya perlu diketahui dengan baik. Laju perubahan faktor mutu pada produk pangan banyak ditentukan oleh sifat intrinsik produk, jenis kemasan serta kondisi penyimpanan dan distribusi. Faktor-faktor ini menentukan umur simpan produk.

Produk pangan kering (seperti biskuit, kue kering, tepung, dan sejenisnya) yang cenderung menyerap uap air dari lingkungan dan mulai mengalami kerusakan pada kadar air tertentu, umur simpannya secara umum ditentukan berdasarkan mekanisme peningkatan kadar air. Umur simpan ditentukan pada saat produk mencapai kadar air kritis yaitu kadar air yang menyebabkan produk tersebut tidak dapat diterima oleh konsumen. Mekanisme peningkatan kadar air produk mengikuti isoterm sorpsi air pada produk tersebut. Dengan demikian umur simpan produk sangat dipengaruhi oleh kelembaban lingkungan dan permeabilitas kemasan.

Penentuan umur simpan produk berdasarkan mekanisme isoterm sorpsi air atau pendekatan kadar air kritis telah dilaporkan

oleh beberapa peneliti sebelumnya. Metode ini telah dilakukan untuk menentukan umur simpan bubuk bawang merah (Debnath, dkk., 2002), bumbu (Sianipar, dkk., 2008), biskuit (Kusnandar, dkk., 2010), beras ubi (Widowati, dkk., 2010), tortilla (Budijanto, dkk., 2010), tepung penyalut (Sugiyono, dkk., 2010), produk panggang dari tepung ubi kayu (Kulchan, dkk., 2010), mi kering (Sugiyono, dkk., 2011), bubuk putih telur (Rao dan Labuza, 2012), bubuk santan (Jena dan Das, 2012), dan sayuran kering (Escobedo-Avellaneda, dkk., 2012).

Pada penelitian ini dilakukan pendugaan umur simpan produk granula ubi kayu dengan menggunakan model isoterm sorpsi air dengan pendekatan kadar air kritis. Metode ini telah dikembangkan oleh Labuza (1982). Labuza (1982) telah mengembangkan persamaan untuk menghitung umur simpan berdasarkan laju peningkatan kadar air pada produk. Batas umur simpan dihitung pada saat tercapainya kadar air kritis pada produk.

II. METODOLOGI

2.1. Bahan dan Alat

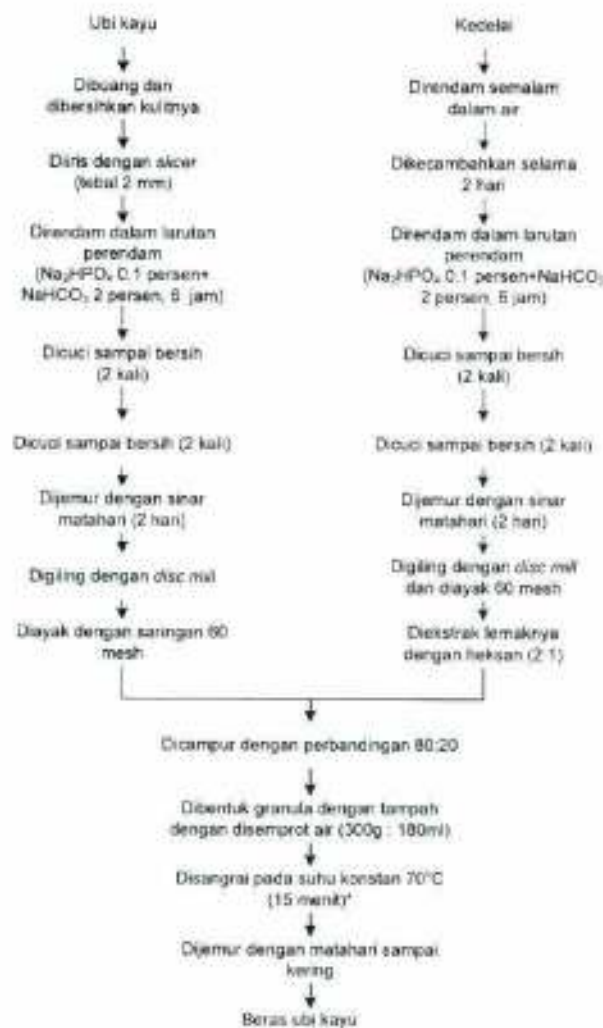
Bahan yang digunakan untuk pembuatan granula ubi kayu adalah ubi kayu, kedelai, air, soda kue (NaHCO_3), natrium metaphospat (Na_2HPO_4) dan heksan. Garam-garam yang digunakan dalam pendugaan umur simpan adalah NaOH , MgCl_2 , K_2CO_3 , KI , NaCl , KCl , BaCl_2 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Peralatan yang digunakan meliputi peralatan pembuatan granula ubi kayu dan peralatan laboratorium lengkap.

2.2. Metodologi

Penelitian dilakukan dalam dua tahap yaitu pembuatan granula ubi kayu dan pendugaan umur simpan.

2.2.1. Pembuatan Granula Ubi Kayu

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilaporkan sebelumnya (Sugiyono dkk., 2012), dilakukan pembuatan granula ubi kayu yang terbaik. Diagram alir proses pembuatan granula ubi kayu disajikan pada Gambar 1. Pada proses ini, untuk memodifikasi granula pati agar porus dilakukan perendaman dalam larutan campuran natrium bikarbonat (NaHCO_3) 2 persen, dan natrium metafosfat (Na_2HPO_4) 0,1 persen.



Gambar 1. Pembuatan Granula Ubi Kayu (Sugiyono,dkk., 2012)

Penggunaan campuran natrium bikarbonat (NaHCO_3) dan natrium metaphospat (Na_2HPO_4) diharapkan mampu menciptakan rongga yang cukup besar untuk masuknya molekul air ke dalam molekul pati (Smith, 1985). Penambahan tepung kecambah kedelai dilakukan untuk meningkatkan kadar protein granula ubi kayu (Fadilah, 2003; Sunandar 2004).

2.2.2. Pendugaan Umur Simpan

Pendugaan umur simpan granula ubi kayu dilakukan dengan menggunakan model isoterm sorpsi air dengan pendekatan kadar air kritis (Labuza, 1982). Data pengamatan sorpsi air dibuat dengan menempatkan larutan garam jenuh (dapat dilihat pada Tabel 1) dalam wadah kedap udara sehingga mewakili kondisi a_w yang berbeda pada masing-masing wadah. Wadah tersebut kemudian ditutup dan dibiarkan selama 24 jam pada suhu 30°C .

Sampel produk sebanyak 5 gram ditempatkan pada masing-masing wadah kedap udara yang berisi larutan garam jenuh dan dibiarkan hingga tercapai kadar air kesetimbangan pada sampel. Tercapainya kadar air kesetimbangan ditandai dengan berat sampel yang konstan selama periode penimbangan.

Data pengamatan kadar air keseimbangan sampel yang didapat selanjutnya diplotkan dengan a_w sehingga membentuk kurva isoterm sorpsi. Untuk mendapatkan nilai kemiringan kurva, dibuat model-model persamaan linier kurva isoterm sorpsi dari kadar air keseimbangan. Telah banyak model-model persamaan matematis yang telah dikembangkan untuk menjelaskan fenomena isoterm sorpsi secara teoritis. Pada penelitian ini dipilih 5 model persamaan matematis yaitu model Hasley, Chen-Clayton, Henderson, Caurie, dan Oswin.

Model-model persamaan ini dipilih karena berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu

Tabel 1. Larutan Garam Jenuh untuk Penetapan Kurva Isoterm Sorpsi

Jenis garam	a_w	Jumlah	
		Garam (gram)	Air (ml)
NaOH	0,06	150,0	85,0
MgCl ₂	0,32	200,0	25,0
K ₂ CO ₃	0,44	200,0	90,0
KI	0,69	200,0	50,0
NaCl	0,75	200,0	60,0
KCl	0,84	200,0	80,0
BaCl ₂	0,90	250,0	70,0
K ₂ Cr ₂ O ₇	0,98	250,0	50,0

Sumber : Spiess dan Wolf, 1987

mampu menggambarkan kurva isoterm sorpsi pada rentang nilai a_w yang lebar (Chirife dan Iglesias, 1978; Van den Berg dan Bruin, 1981; Isse, dkk., 1983). Selain itu, model-model persamaan ini mempunyai parameter kurang dari atau sama dengan tiga sehingga sesuai dengan pernyataan Labuza (1968), bahwa jika tujuan penggunaan kurva isoterm sorpsi tersebut untuk mendapatkan kemulusan kurva yang tinggi (menggambarkan fenomena isoterm sorpsi dengan tepat) maka model-model persamaan yang sederhana dan lebih sedikit jumlah parameternya lebih cocok untuk digunakan.

Guna mempermudah perhitungan, maka model-model persamaan matematis yang digunakan dimodifikasi bentuknya dari persamaan non linier menjadi persamaan linier (garis lurus) sehingga nilai-nilai konstantanya dapat ditentukan menggunakan metode kuadrat terkecil. Metode kuadrat terkecil ini menurut Walpole (1995) dapat memilih suatu garis regresi terbaik di antara semua kemungkinan garis lurus yang dapat dibuat pada suatu diagram pencar. Modifikasi model-model isoterm sorpsi dari persamaan non linier menjadi persamaan linier sebagai berikut (Rahayu, dkk., 2005):

1. Persamaan Hasley

$$a_w = \exp \left[\frac{-P(1)}{(Me)^{P(2)}} \right]$$

Persamaan diubah menjadi bentuk persamaan garis lurus dengan bentuk umum :

$$y = a + b x$$

$$\log [\ln(1/a_w)] = \log P(1) - P(2) \log Me$$

dimana : $y = \log [\ln(1/a_w)]$ $x = \log Me$

$a = \log P(1)$ $b = -P(2)$

2. Persamaan Chen-Clayton

$$a_w = \exp \left[\frac{-P(1)}{\exp(P(2)Me)} \right]$$

Persamaan diubah menjadi bentuk persamaan garis lurus dengan bentuk umum :

$$y = a + b x$$

$$\ln[\ln(1/a_w)] = \ln P(1) - P(2) Me$$

dimana : $y = \ln[\ln(1/a_w)]$ $x = Me$
 $a = \ln P(1)$ $b = -P(2)$

3. Persamaan Henderson

$$1 - a_w = \exp[-KMe^n]$$

Persamaan diubah menjadi bentuk persamaan garis lurus dengan bentuk umum :

$$y = a + b x$$

$$\log [\ln(1/(1 - a_w))] = \log K + n \log Me$$

dimana : $y = \log [\ln(1/(1 - a_w))]$ $x = \log Me$

$a = \log K$ $b = n$

4. Persamaan Caurie

$$\ln Me = \ln P(1) - P(2) a_w$$

dimana : $y = \ln Me$ $x = a_w$
 $a = \ln P(1)$ $b = -P(2)$

5. Persamaan Oswin

$$Me = P(1) \left[\frac{a_w}{1 - a_w} \right]^{P(2)}$$

Persamaan diubah menjadi bentuk persamaan garis lurus dengan bentuk umum :

$$y = a + b x$$

$$\ln Me = \ln P(1) + P(2) \ln[a_w/(1 - a_w)]$$

dimana : $y = \ln Me$ $x = \ln[a_w/(1 - a_w)]$
 $a = \ln P(1)$ $b = P(2)$

Selanjutnya, dibuat kurva untuk kelima model dimaksud dan dibandingkan dengan kurva isoterm sorpsi percobaan untuk mendapatkan ketepatan antara model dengan percobaan empiris. Uji ketepatan model dilakukan dengan membandingkan kadar air percobaan dengan kadar air perhitungan dan dihitung nilai MRD (*Mean Relative Determination*). Nilai MRD dihitung dengan rumus :

$$MRD = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{M_i - M_{pi}}{M_i} \right|$$

dimana M_i adalah kadar air hasil percobaan, M_{pi} adalah kadar air hasil perhitungan, dan n adalah jumlah data. Jika nilai MRD lebih dari 5 maka model isoterm sorpsi dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya atau tepat. Jika nilai MRD antara 5 dan 10, maka model tersebut agak tepat. Jika nilai MRD lebih dari 10, maka model tersebut tidak tepat untuk menggambarkan keadaan yang sebenarnya (Isse, dkk., 1983). Model yang memiliki MRD terkecil selanjutnya diambil nilai kemiringan kurvanya dan digunakan untuk menentukan umur simpan produk dengan metode Labuza (1982). Umur simpan produk dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$t = \frac{\ln \left(\frac{M_e - M_i}{M_e - M_c} \right)}{\frac{k}{x} \frac{A}{W_s} \frac{P_o}{b}}$$

dimana :

- t = umur simpan (hari)
- M_e = kadar air kesetimbangan (g air/g berat kering)
- M_i = kadar air awal (g air/ g berat kering)
- M_c = kadar air kritis (g air /g berat kering)
- W_s = berat kering produk (gram)
- A = luas permukaan kemasan (m^2)
- k/x = permeabilitas uap air kemasan (g/ $m^2 \cdot \text{hari} \cdot \text{mmHg}$)
- P_o = tekanan uap jenuh (mmHg)
- b = kemiringan (slope) kurva isoterm sorpsi

2.2.3. Penentuan Kadar Air Metode Oven (AOAC, 1995)

Sejumlah sampel (kurang lebih 5 g) dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui

beratnya. Kemudian cawan dimasukkan ke dalam oven bersuhu 100°C hingga diperoleh berat yang konstan. Perhitungan kadar air dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kadar air (\% bk)} = \frac{a-b}{b-c} \times 100 \%$$

Dimana : a = berat cawan dan sampel awal (g)
 b = berat cawan dan sampel akhir (g)
 c = berat cawan (g)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembuatan Granula Ubi Kayu

Tahapan yang penting dalam pembuatan granula ubi kayu adalah pembentukan butiran. Pembentukan butiran dilakukan dengan menggunakan tampah. Bahan baku berupa tepung ubi kayu dan tepung kecambah kedelai (perbandingan 80:20) diletakkan pada tampah. Tampah diputar-putar sambil disemprot air sehingga terbentuk butiran. Butiran yang terbentuk tidak seragam ukurannya sehingga perlu diayak untuk mendapatkan ukuran butiran yang seragam.

Setelah terbentuk butiran, dilakukan penyangraian. Tujuan penyangraian adalah agar terjadi gelatinisasi pada permukaan butiran sehingga tekstur butiran yang dihasilkan lebih kompak. Penyangraian dilakukan pada suhu 70°C selama 20 menit. Setelah penyangraian, proses dilanjutkan dengan pengeringan matahari (penjemuran) sampai granula memiliki kadar air kurang dari 5 persen. Waktu pengeringan yang diperlukan kurang lebih 6 jam. Hal ini ditandai dengan tekstur granula yang kompak dan keras (sulit dipecah jika ditekan). Granula ubi kayu berbentuk butiran berwarna putih agak kecoklatan (Gambar 2).



Gambar 2. Granula Ubi Kayu

Cara memasak produk granula ubi kayu relatif mudah. Granula ubi kayu ditambah air dengan perbandingan 1 : 1 lalu dikukus hingga matang. Granula ubi kayu yang telah matang dapat dikonsumsi seperti halnya nasi.

3.2. Pendugaan Umur Simpan

Menurut persamaan Labuza (1982), dalam menentukan umur simpan produk, diperlukan data kadar air awal (M_i), kadar air kesetimbangan (M_e), kadar air kritis (M_c), permeabilitas uap air kemasan (k/x), luas kemasan (A), berat kering produk (W_s), tekanan uap air jenuh (P_0), dan kemiringan (slope) kurva isoterm sorpsi (b). Data kadar air awal, kadar air keseimbangan, kadar air kritis, luas kemasan, berat kering produk dan kemiringan kurva isoterm sorpsi diperoleh dari pengukuran. Data permeabilitas uap air kemasan dan tekanan uap air jenuh diperoleh dari literatur.

3.2.1. Kadar Air Awal (M_i)

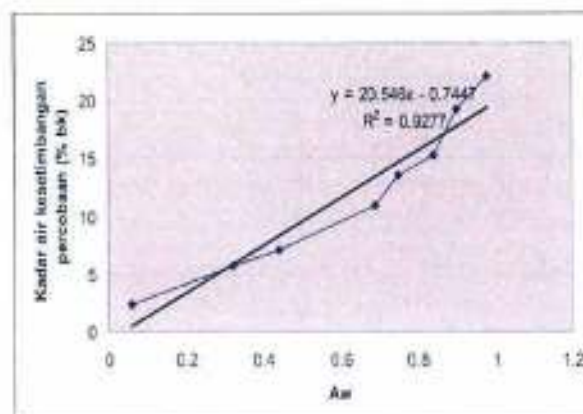
Granula ubi kayu memiliki kadar air awal 4,92 persen(bk). Kadar air ini relatif rendah, sehingga produk granula ubi kayu digolongkan produk kering. Rendahnya kadar air granula ubi kayu disebabkan karena dilakukan proses penyangraian dan pengeringan pada proses pembuatan. Selama proses penyangraian dan pengeringan terjadi penguapan air. Dengan kadar air yang rendah ini diharapkan produk memiliki umur simpan yang lama.

Produk pangan olahan yang tergolong kering umumnya memiliki kadar air kurang dari 10 persen atau bahkan kurang dari 5 persen. Beberapa penelitian telah melaporkan kadar air produk kering pangan olahan antara lain biskuit adonan lunak 1,83 persen bk, biskuit adonan keras 2,49 persen bk (Kusnandar,dkk., 2010), beras ubi 5,23 persen bk (Widowati,dkk., 2010), tortilla 2,48 persen bk (Budijanto,dkk., 2010), dan mi kering ubi jalar 6,23 persen bk (Sugiyono,dkk., 2011)

Produk dengan kadar air rendah cenderung menyerap uap air dari lingkungannya. Terjadinya peningkatan kadar air dapat menyebabkan produk mengalami kerusakan atau penurunan mutu. Oleh karena itu, kadar air dapat dijadikan parameter dalam penentuan umur simpan.

3.2.2. Kadar Air Kesetimbangan (M_e)

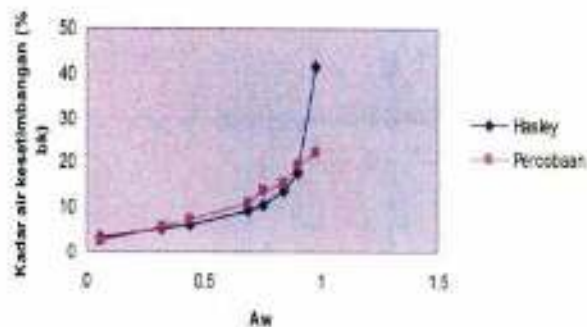
Kadar air keseimbangan merupakan kadar air sampel produk pada nilai aktivitas air (a_w) tertentu. Nilai a_w tertentu diperoleh dari penggunaan larutan garam jenuh. Hasil pengukuran kadar air keseimbangan sampel diplotkan pada masing-masing a_w membentuk kurva isoterm sorpsi seperti yang terlihat pada Gambar 3. Kurva isotherm sorpsi granula ubi kayu berbentuk sigmoid (menyerupai huruf S). Adawiyah dan Soekarto (2010) juga melaporkan kurva isoterm sorpsi yang berbentuk sigmoid untuk model pangan yang dibuat dari tapioka, kasein dan sukrosa. Produk pangan umumnya memiliki kurva isoterm sorpsi berbentuk sigmoid. Bentuk sigmoid ini disebabkan karena pada umumnya produk pangan terdiri dari campuran karbohidrat, protein, lemak, dan mineral.



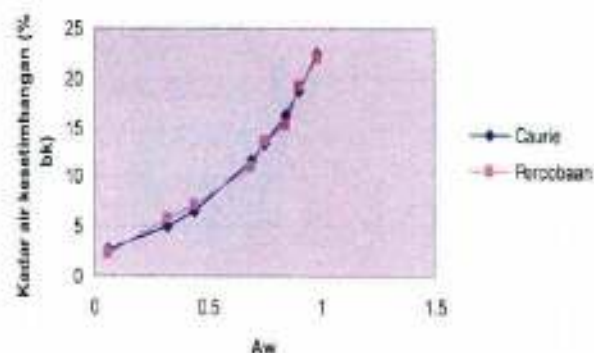
Gambar 3. Kurva Isoterm Sorpsi Granula Ubi Kayu

Data kurva isoterm sorpsi kemudian digunakan untuk menyusun model persamaan linear yang menggambarkan hubungan antara kadar air kesetimbangan (M_e) dan a_w . Model persamaan yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2. Dari masing-masing model persamaan, dihitung nilai kadar air keseimbangan pada nilai a_w yang digunakan pada penelitian ini.

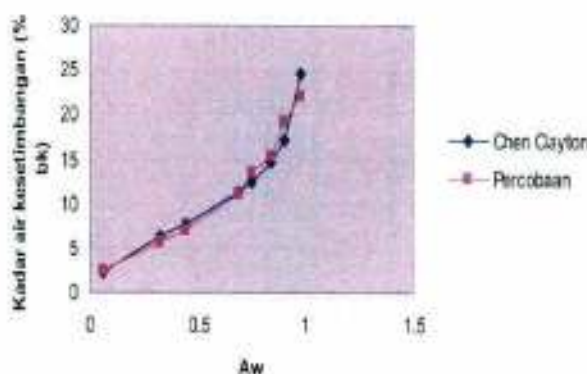
Nilai kadar air keseimbangan hasil perhitungan untuk masing-masing model diplot dengan nilai a_w sehingga didapatkan kurva isoterm sorpsi untuk masing-masing model. Kurva isoterm sorpsi untuk masing-masing model dibandingkan dengan kurva isoterm sorpsi hasil percobaan (Gambar 4 - 8).



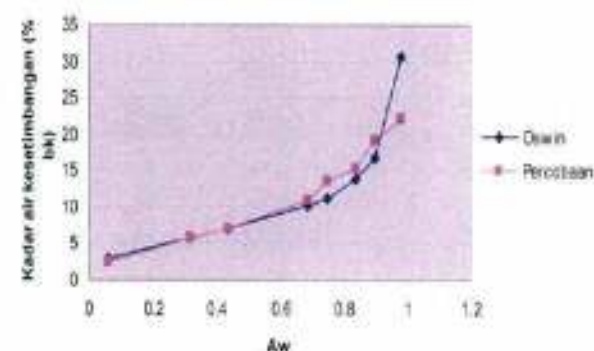
Gambar 4. Kurva Isotherm Sorpsi Model Hasley dan Hasil Percobaan



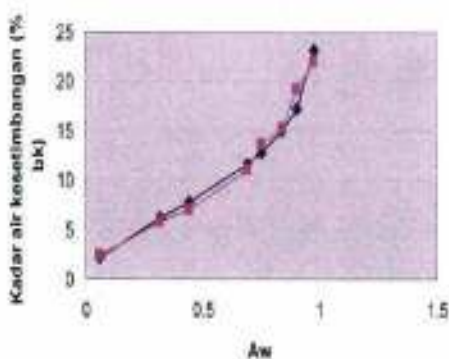
Gambar 7. Kurva Isotherm Sorpsi Model Caurie dan Hasil Percobaan



Gambar 5. Kurva Isotherm Sorpsi Model Chen-Clayton dan Hasil Percobaan



Gambar 8. Kurva Isotherm Sorpsi Model Oswin dan Hasil Percobaan



Gambar 6. Kurva Isotherm Sorpsi Model Henderson dan Hasil Percobaan

Dalam rangka untuk menilai ketepatan model secara kuantitatif, maka dihitung nilai MRD untuk masing-masing model persamaan isotherm sorpsi. Hasil perhitungan MRD disajikan pada Tabel 3. Model yang memiliki nilai MRD terkecil merupakan model yang paling tepat. Pada Tabel 3 terlihat bahwa model Henderson memiliki nilai MRD terkecil sehingga dianggap paling tepat dibandingkan dengan model lainnya. Model persamaan Henderson selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai kemiringan kurva (b).

Tabel 2. Model Persamaan Kurva Isoterm Sorpsi Granula Ubi Kayu

Model	Persamaan
Hasley	$\log [\ln(1/a_w)] = 1,4123 - 1,9173 \log Me$
Chen-Clayton	$\ln[\ln(1/a_w)] = 1,5139 - 0,0028 Me$
Henderson	$\log [\ln(1/(1 - a_w))] = -1,797 + 1,7497 \log Me$
Caurie	$\ln Me = 0,8623 + 2,2999 a_w$
Oswin	$\ln Me = 2,0307 + 0,357 \ln[a_w/(1 - a_w)]$

Tabel 3. Nilai MRD Model Persamaan Isoterm Sorpsi

Model persamaan	MRD
Hasley	89,10
Chen-Clayton	8,08
Henderson	6,98
Caurie	7,01
Oswin	12,80

3.2.3. Kadar Air Kritis (Mc)

Kadar air kritis merupakan kadar air minimum yang menyebabkan produk mulai mengalami kerusakan atau perubahan mutu yang nyata sehingga tidak diterima oleh konsumen. Berdasarkan uji organoleptik (*multiple comparison test*) yang dilakukan menggunakan 30 panelis didapatkan nilai kadar air kritis granula ubi kayu sebesar 15,24 persen (bk). Pada kadar air ini panelis mulai mendeteksi adanya penggumpalan antar buliran. Kadar air kritis ini setara dengan nilai a_w 0,84.

Kadar air kritis produk pangan umumnya dinyatakan dalam basis berat kering (bk). Kadar air kritis produk pangan berbeda-beda. Dari penelitian sebelumnya telah dilaporkan kadar air kritis beberapa produk pangan antara lain mi kering ubi jalar 10,10 persen bk (Sugiyono,dkk., 2011), tepung penyalut 16 persen bk (Sugiyono, dkk., 2010), biskuit adonan lunak 6,41 persen bk, biskuit adonan keras 6,88 persen bk (Kusnandar,dkk., 2010), beras ubi 11,68 persen bk (Widowati,dkk., 2010), tortilla 6,68 persen bk (Budijanto,dkk., 2010), bubuk putih telur ayam 12 persen bk (Rao dan Labuza, 2012).

3.2.4. Permeabilitas Uap Air Suatu Kemasan (k/x)

Permeabilitas uap air adalah laju transmisi uap air dibagi dengan perbedaan tekanan uap air antara di dalam dan di luar kemasan. Dalam penentuan umur simpan ini digunakan kemasan plastik LDPE (*low density polyethylene*), MDPE (*medium density polyethylene*, dan PP (*polypropylene*) yang masing-masing memiliki permeabilitas uap air seperti pada Tabel 4. Jenis kemasan plastik tersebut banyak digunakan untuk berbagai produk pangan.

Tabel 4. Nilai Permeabilitas Uap Air Beberapa Jenis Kemasan Plastik

Jenis kemasan	Permeabilitas uap air (g/m ² .hari.mmHg)
LDPE	0,5
MDPE	0,3
PP	0,185

Sumber : Arpah (2001)

3.2.5. Luas Kemasan (A), Berat Kering Produk (Ws), Tekanan Uap Air Jenuh (Po)

Kemasan yang digunakan mempunyai luas permukaan $2 \times 750 \text{ cm}^2 = 1500 \text{ cm}^2 = 0,15 \text{ m}^2$. Tekanan uap air jenuh pada suhu penyimpanan 30°C adalah 31,824 mmHg (Labuza, 1982). Berat kering produk 300 gram per kemasan.

3.2.6. Kemiringan (*slope*) Kurva Isoterm Sorpsi (b)

Kemiringan kurva isoterm sorpsi didapat dari kurva model yang memiliki MRD yang terkecil dari kelima model. Dari data MRD di atas, maka kemiringan kurva diambil dari kurva model Henderson dengan nilai 1,7497.

3.2.7. Umur Simpan

Umur simpan granula ubi kayu dihitung dengan menggunakan persamaan Labuza (1982) yang telah disajikan pada bagian Metode. Perhitungan umur simpan granula ubi kayu dilakukan pada kondisi kelembaban relatif (RH) 95 persen. Kondisi ini dipilih untuk mendapatkan data hasil perhitungan yang paling pesimis dan untuk mengantisipasi kondisi penyimpanan yang paling buruk. Pada kondisi ini, kadar air keseimbangan produk granula ubi kayu adalah 19,92 persen bk. Hasil perhitungan umur simpan produk granula ubi kayu disajikan pada Tabel 5. Granula ubi kayu yang dikemas dalam LDPE, MDPE dan PP mempunyai umur simpan masing-masing 256 hari (8,5 bulan), 427 hari (14 bulan), dan 693 hari (23 bulan). Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa umur simpan granula ubi kayu relatif lama. Hal ini sangat diharapkan mengingat granula ubi kayu dimaksudkan sebagai alternatif makanan pokok.

Umur simpan granula ubi kayu relatif lebih lama jika dibandingkan dengan umur simpan produk pangan lainnya. Dari beberapa penelitian sebelumnya telah dilaporkan hasil perhitungan umur simpan produk pangan dengan menggunakan metode isoterm sorpsi. Umur simpan produk mi kering ubi jalar 209 hari (Sugiyono,dkk, 2011), tepung penyalut 209 hari (Sugiyono,dkk, 2010), biskuit adonan lunak 296 hari, biskuit adonan keras 306 hari (Kusnandar,dkk., 2010), beras ubi 127 hari (Widowati,dkk, 2010), tortilla 56 hari (Budijanto,dkk., 2010), irisan bawang merah 86 hari dan irisan buncis 73 hari (Escobedo-Avellaneda,dkk., 2012).

Tabel 5. Umur Simpan Granula Ubi Kayu Pada RH 95 Persen

Jenis kemasan	Umur simpan (hari)
LDPE	256
MDPE	427
PP	693

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Kurva isotherm sorpsi granula ubi kayu berbentuk sigmoid. Uji ketepatan model persamaan kurva isotherm sorpsi menunjukkan bahwa model Henderson paling tepat menggambarkan kurva isoterm sorpsi granula ubi kayu. Granula ubi kayu memiliki kadar air awal 4,92 persen (bk) dan kadar air kritis 15,24 persen (bk). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa granula ubi kayu yang dikemas dalam LDPE, MDPE dan PP pada RH 95 persen mempunyai umur simpan masing-masing 256 hari (8,5 bulan), 427 hari (14 bulan), dan 693 hari (23 bulan).

4.2. Saran

Perlu dilakukan uji penyimpanan granula ubi kayu secara langsung pada kondisi nyata untuk memastikan umur simpannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Agricultural Chemists. 1995. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Agricultural Chemists, Washington DC, USA.
- Arpah, M. 2001. *Buku dan Monograf Penentuan Kadaluarsa Produk Pangan*. Program Studi Ilmu Pangan Pascasarjana IPB, Bogor.
- Adawiyah, D.R, dan Soekarto S.T. 2010. Pemodelan Isotermis Sorpsi Air Pada Model Pangan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* Vol. XXI No. 1 hal 33 - 39.
- Budijanto, S., Sitanggang A.B, dan Kartika Y.D. 2010. Penentuan Umur Simpan Tortilla dengan Metode Akselerasi Berdasarkan Kadar Air Kritis serta Pemodelan Ketepatan Isotherminya. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* Vol. XXI No. 2 hal 165 - 170.
- Chirife, J. dan H.A. Iglesias. 1978. Equation for Fitting Water Sorption Isotherm Of Foods: Part II-Evaluation of Various Two Parameter Models. *Journal of Food Technology*. 13:319-327.
- Daulay, S. 2000. *Aplikasi Metode Akselerasi untuk Menentukan Umur Simpan (shelf life) Tepung Kedelai dan Tepung Komposit*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.

- Debnath S., Hemavathy J., dan Bhat K.K. 2002. Moisture Sorption Studies on Onion Powder. *Food Chemistry* Vol. 78, Issue 4, Pages 479-482.
- Escobedo-Avellaneda Z., Velazquez G., Torres J.A., dan Welti-Chanes J. 2012. Inclusion of the Variability of Model Parameters on Shelf-life Estimations For Low and Intermediate Moisture Vegetables. *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 47, Issue 2, Pages 364-370.
- Fadilah, R.I.N. 2003. *Pemanfaatan Tepung Tempe dan Tepung Kedelai Dalam Meningkatkan Kandungan Protein Beras Ubi Kayu (Manihot esculenta Crantz) Semi Instan*. Skripsi. Jurusan Gizi Masyarakat Dan Sumber Daya Keluarga, Fakultas Pertanian, IPB, Bogor.
- Isse, M.G., H. Schuchmann, dan H. Schubert. 1983. Divided Sorption Isotherm Concept an Alternative Way to Describe Sorption Isotherm Data. *Journal of Food Engineering*, 16:147-157.
- Jena, S., dan Das H. 2012. Shelflife Prediction of Aluminum Foil Laminated Polyethylene Packed Vacuum Dried Coconut Milk Powder. *Journal of Food Engineering* Vol. 108, Issue 1, Pages 135-142.
- Kusnandar F., Adawiyah DR., dan Fitria M. 2010. Pendugaan Umur Simpan Produk Biskuit dengan Metode Akselerasi Berdasarkan Pendekatan Kadar Air Kritis. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* Vol. XXI No. 2 hal 117 - 122.
- Labuza, T.P. 1968. Sorption isotherm in foods. *Journal of Food Technology* 22(3):263.
- Labuza, T.P. 1982. *Shelf Life Dating of Foods*. Food and Nutrition Press Inc., Westport, Connecticut.
- Kulchan R., Bconsupthip W. dan Suppakul P. 2010. Shelflife Prediction of Packaged Cassava-Flour-Based Baked Product by Using Empirical Models And Activation Energy for Water Vapor Permeability Of Polyolefin Films. *Journal of Food Engineering* Vol. 100, Issue 3, Pages 461-467.
- Rahayu W.P., Arpah M., dan Erika D. 2005. Penentuan Waktu Kadaluarsa dan Model Sorpsi Isotomis Gizi dan Bubuk Lada Hitam (*Piper Nigrum L.*) *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* Vol. XVI, No. 1 Hal 31-38
- Rao, Q., dan Labuza T.P., 2012. Effect of Moisture Content on Selected Physicochemical Properties of Two Commercial Hen Egg White Powders. *Food Chemistry* Vol. 132, Issue 1, Pages 373-384.
- Sianipar, D., Syarief R, dan Sugiyono. 2008. Kajian Formulasi Bumbu Instan Binthe Biluhuta, Karakteristik Hidratasi dan Pendugaan Umur Simpannya dengan Menggunakan Metode Pendekatan Kadar Air Kritis. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* Vol. XIX No. 1 hal 32-39.
- Smith, D. A. 1985. Chemical Treatment and Process Modification and For Producing Improved Quick Cooking Rice. *Journal of Food Science* Vol 50: 926-931.
- Spieß, W.E.L. dan W. Wolf. 1987. Critical Evaluation of Methods to Determine Moisture Sorption Isotherm. Di dalam *Water Activity : Theory and Application to Food*. Marcell Dekker, Inc., New York.
- Sugiyono. 2001. Penentuan Kedaluwarsa Makanan. Bahan Pelatihan Teknik Penentuan Kedaluwarsa Makanan, Jakarta 13-15 Maret. *Pendidikan dan Pelatihan Ekspor Indonesia (PPEI)*, Departemen Perindustrian dan Perdagangan.
- Sugiyono, Edi Setiawan, Elvira Syamsir, dan Hery Sumekar. 2011. Pengembangan Produk Mi Kering dari Tepung Ubi Jalar (*Ipomoea batatas*) dan Penentuan Umur Simpannya dengan Metode Isoterm Sorpsi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* Vol. XXII No. 2 hal 164-170.
- Sugiyono, Hoerip Satyagraha, Wiwik Joelijani, dan Elvira Syamsir. 2012. Pengembangan Granula Ubi Kayu yang Disuplementasi dengan Tepung Kecambah Kedelai. *Pangan* Vol. 21, No. 2, Juni 2012. Hal 135-148.
- Sugiyono, Fransisca, dan Aton Yulianto. 2010. Formulasi Tepung Penyalut Berbasis Tepung Jagung dan Penentuan Umur Simpannya dengan Pendekatan Kadar Air Kritis. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* Vol. XXI No. 2 hal 95-101.
- Sunandar, F. 2004. *Pemanfaatan Tepung Komposit dari Ubi Jalar Putih (Ipomoea batatas L), Kecambah Kedelai (Glycine max Merr) dan Kecambah Kacang Hijau (Virginia radiata L) sebagai Substituen Parsial Terigu dalam Produk Pangan Alternatif Biskuit Kaya Energi Protein*. Skripsi Sarjana, Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor.
- Taoukis, P. dan Labuza T.P. 1996. Summary: Integrative Concepts. Di dalam O.R. Fennema (Ed.). *Food Chemistry 3rd Edition*. Marcel-Dekker, New York. Pp. 1013-1042.

Van den Berg, C. dan S. Bruin. 1981. Water activity and its estimation in food system: Theoretical aspects. *Di dalam Water activity : Influences on food quality*. Rockland, L.B. dan F.S. George (editor). Academic Press, New York.

Walpole, R.E. 1995. Pengantar Statistika. PT Gramedia, Jakarta

Widowati S., Herawati H., Syarif R., Suyatma N.E., dan Prasetia H.A. 2010. Pengaruh Isoterm Sorpsi Air Terhadap Stabilitas Beras Ubi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* Vol. XXI No. 2 hal 123 - 128.

BIODATA PENULIS :

Sugiyono dilahirkan di Sidoarjo, 29 Juli 1965. Pendidikan S1 ditempuhnya di Institut Pertanian Bogor dengan bidang studi teknologi pangan, kemudian melanjutkan pendidikan S2 dan S3 di University of New South Wales, Australia. Saat ini bekerja sebagai dosen di Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor (IPB) sekaligus menjabat sebagai Wakil Dekan Fakultas Teknologi Pertanian IPB.

Hoerip Satyagraha dilahirkan di Madiun, 25 Maret 1982, menempuh pendidikan S1 bidang teknologi pangan di Institut Pertanian Bogor, dan saat ini sedang menempuh pendidikan S2 bidang manajemen di Universitas Gadjah Mada. Pekerjaan sehari-hari sebagai Asst. *Corporate Human Capital Manager* di PT. Aerofood Indonesia.

Wiwiek Joelijani adalah seorang Peneliti di Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Agroindustri Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.

Elvira Syamsir dilahirkan di Padang, 9 Agustus 1969, menempuh pendidikan S1 bidang teknologi pangan di Institut Pertanian Bogor, kemudian pendidikan S2 dan S3 bidang ilmu pangan juga di Institut Pertanian Bogor. Saat ini bekerja sebagai dosen di Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian IPB.