

Pendugaan Umur Simpan Dengan Metode *Accelerated Shelf-Life Testing* pada Produk Bandrek Instan dan Sirup Buah Pala (*Myristica fragrans*)

(Shelf Life Estimation by Accelerated Shelf-Testing Method for the Product of Instant Bandrek and Nutmeg Syrup (*Myristica fragrans*))

Didah Nur Faridah*, Sedarnawati Yasni, Antin Suswantinah, Ghesi Wuri Aryani

ABSTRAK

Minuman tradisional dapat dibuat dengan menggunakan rempah dan dapat diproses menjadi bubuk minuman instan seperti minuman bandrek. Tanggal kadaluwarsa pada kemasan produk pangan wajib dicantumkan sesuai dengan Undang-undang Pangan No. 7/1996 serta Peraturan Pemerintah No. 69/1999 tentang Label dan Iklan Pangan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menduga umur simpan bubuk minuman bandrek instan yang diproduksi di Desa Sinarsari dan sirup pala di Desa Dramaga Kecamatan Dramaga, Bogor. Pendugaan umur simpan pada kedua produk tersebut dilakukan dengan menggunakan metode *accelerated shelf-life testing*. Produk bandrek instan diduga memiliki umur simpan selama 341 hari (11 bulan) bila disimpan pada RH 80% dengan suhu 30 °C sedangkan produk sirup pala akan kadaluwarsa setelah 34–47 hari bila disimpan pada suhu 30 °C.

Kata kunci: ASLT, bandrek, minuman tradisional, sirup pala, umur simpan

ABSTRACT

Traditional beverages can be made from the spices and can be processed further as instant powder drinks such as bandrek drink. The expiration date statement on the food packaging is a mandatory according to the Food Act No.7/1996 and the Government Regulation No. 69/1999 about Food Labelling and Advertising. The aim of this research was to estimate or to predict the shelf-life of instant bandrek drink produced at Sinarsari village and nutmeg syrup at Dramaga village, Dramaga district, Bogor regency. Shelf-life estimation of the two products was done by accelerated shelf-life testing method. Instant bandrek was predicted to have shelf-life for 341 days (11 months) when stored at 80% RH, 30 °C, while the nutmeg syrup would be expired in 34–47 days when stored at 30 °C.

Keywords: ASLT, bandrek, nutmeg, shelf-life, traditional beverages

PENDAHULUAN

Salah satu pemanfaatan rempah di Indonesia adalah sebagai bahan baku minuman tradisional yang tidak hanya berfungsi sebagai minuman penyegar, tetapi juga sebagai minuman yang memiliki segi fungsional bagi kesehatan, yaitu sebagai minuman yang memiliki sifat antioksidan.

Minuman tradisional kini telah banyak diproduksi dalam bentuk instan, di antaranya adalah bandrek instan yang telah diproduksi oleh Posdaya Mekarsari yang terletak di Desa Sinarsari Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor. Minuman berbahan baku rempah lainnya adalah sirup yang terbuat dari buah pala yang diproduksi oleh Posdaya Baraya di Desa Dramaga, Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor.

Produsen bandrek instan dan sirup buah pala tersebut masih menggunakan metode konvensional untuk menentukan umur simpan kedua produk tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk dilakukan karena menurut Arpah (2001), pendugaan umur simpan dapat dilakukan dengan menggunakan

metode percepatan (*accelerated shelf life testing*, ASLT). Pendugaan umur simpan produk bandrek instan dan sirup buah pala wajib dilakukan karena menurut Undang-undang Pangan No. 7/1996 serta Peraturan Pemerintah No. 69/1999 tentang Label dan Iklan Pangan, produsen wajib mencantumkan tanggal kadaluwarsa (*expired date*) pada kemasan produk. Pencantuman waktu kadaluwarsa akan memberikan informasi kepada konsumen tentang batas waktu konsumsi suatu makanan, hal ini juga dapat memberikan informasi kepada distributor atau penjual agar dapat mengatur stok barang, dan dapat membantu dalam pengawasan mutu produk bagi pihak produsen (Wiguna 2011). Penelitian ini bertujuan menentukan umur simpan produk bandrek instan yang diproduksi oleh masyarakat.

METODE PENELITIAN

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah bandrek instan dalam kemasan *flexible aluminized film* yang diproduksi oleh Posdaya Mekarsari di Desa Sinarsari dan sirup buah pala dalam kemasan PP yang diproduksi oleh Posdaya Baraya di Desa Dramaga Bogor. Bahan pendukung yang digunakan untuk analisis umur simpan adalah

Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.

* Penulis korespondensi: E-mail: didah_nf17@yahoo.com

akuades, beberapa garam seperti NaBr, KCl, NaCl, KNO_3 , KI, dan MgCl_2 .

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian umur simpan produk bandrek instan dan sirup buah pala tersebut adalah inkubator suhu 35, 45, dan 55 °C.

Proses Produksi Bandrek Instan dan Sirup Buah Pala

Bandrek instan dibuat dari rempah dalam bentuk bubuk seperti cabe jawa, lada hitam, kapulaga, buah pala, cengkeh, dan kayu manis yang dimasak dengan air hingga mendidih. Larutan rempah kemudian dicampur dengan gula pasir dan sari jahe merah segar. Setelah mendidih kembali, gula aren ditambahkan ke dalam larutan campuran yang kemudian diaduk hingga kering. Bubuk bandrek kemudian dikemas dalam kemasan *flexible aluminized film* dan siap untuk didistribusikan atau dikonsumsi.

Sirup buah pala berbahan baku buah pala yang diperoleh dari Desa Sukaweuning dan Desa Suka Damai Bogor. Proses produksi dimulai dengan menyortir dan membersihkan buah pala yang kemudian direbus sampai mendidih. Setelah mendidih, dilakukan pengepresan buah pala sampai mendapatkan sari buah pala yang selanjutnya direbus bersama larutan gula dan dipanaskan. Setelah suhu turun mencapai 70–80 °C, sirup dituang ke dalam kemasan botol PP yang kemudian dipasteurisasi 80 °C selama 10–15 menit dan didinginkan dalam air bersuhu ruang. Sirup buah pala siap untuk didistribusikan dan dikonsumsi.

Pendugaan Umur Simpan

Metode ASLT yang sering digunakan adalah model Arrhenius dan model kadar air kritis.

Pendugaan Umur Simpan Bandrek Instan

Bandrek instan merupakan produk pangan kering yang bersifat peka akan perubahan kadar air sekitarnya. Oleh karena itu, stabilitas produk pangan kering ditentukan oleh 2 faktor utama, yaitu kelembapan relatif kesetimbangan/aktivitas air (a_w) tempat penyimpanan dan kadar air kesetimbangan bahan pangan (M_e) (Widowati *et al.* 2010).

Umur simpan produk bandrek diduga berdasarkan model kadar air kritis dengan metode pendekatan kurva sorpsi isotermik. Umur simpan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Labuza (1982):

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

Keterangan:

- θ = Waktu perkiraan umur simpan (hari)
- M_e = Kadar air keseimbangan produk (g H_2O /g padatan)
- M_i = Kadar air awal produk (g H_2O /g padatan)
- b = Kemiringan kurva sorpsi isotermik
- M_c = Kadar air kritis (g H_2O /g padatan)

$\frac{k}{\bar{x}}$ = Permeabilitas uap air kemasan (g/m².hari. mmHg)

A = Luas permukaan kemasan (m²)

W_s = Bobot kering produk dalam kemasan (g padatan)

P_o = Tekanan uap jenuh (mmHg)

Berikut adalah tahapan-tahapan dalam pendugaan umur simpan bandrek instan.

Pengukuran Kadar Air Awal (M_i)

Cawan bersih kosong dikeringkan dalam oven bersuhu kurang lebih 105 °C selama 1 jam, kemudian didinginkan dalam desikator selama kurang lebih 15 menit dan ditimbang (W_1). Sejumlah 2 g sampel (W_2) dalam cawan dimasukkan dalam oven vakum bersuhu 70 °C 25 mmHg selama 5 jam sampai mencapai bobot konstan. Cawan yang berisi sampel didinginkan dalam desikator lalu ditimbang (W_3). Kadar air awal dihitung dengan rumus:

$$KA M_i = \frac{(W_2) - (W_3 - W_1)}{(W_3 - W_1)} \frac{g\text{H}_2\text{O}}{g\text{padat}}$$

Pengukuran Kadar Air Kritis (M_c)

Kadar air kritis adalah kadar air yang secara organoleptik sudah tidak dapat diterima oleh konsumen (Syarif & Halid 1993). Kadar air kritis ditentukan dengan cara menyimpan produk di dalam desikator yang memiliki kelembapan tinggi (suhu ruang, RH 75,3%). Sampel disimpan setiap 12 jam selama 48 jam. Kemudian secara bersamaan kontrol dan sampel yang telah disimpan dalam desikator dengan waktu yang berbeda-beda disajikan kepada panelis terlatih agar dapat ditentukan mutu kritisnya. Parameter mutu yang diujikan terhadap sampel adalah parameter kenampakan (warna, daya alir/*flowability*, dan penggumpalan/*caking*) dan citarasa (aroma).

Data organoleptik dianalisis menggunakan ANOVA dengan uji lanjutan Dunnett (Setyaningsih *et al.* 2010). Salah satu dari kedua parameter diambil yang terlebih dahulu mengalami perubahan nyata sebagai penentu titik kritis. Setelah ditetapkan batas penolakan, dilakukan analisis kadar air kritis sampel yang dinyatakan dalam bobot kering.

Penentuan Kurva Sorpsi Isotermik

Kurva isothermis sorpsi air ditentukan menggunakan 6 larutan garam jenuh. Sebanyak 2 g sampel bandrek diletakkan dalam wadah lalu disimpan dalam desikator yang berisi larutan garam jenuh dan ditimbang bobotnya secara berkala (tiap 24 jam) sampai diperoleh bobot yang konstan. Sampel yang telah mencapai bobot konstan diukur kadar airnya dengan menggunakan metode oven vakum dan dinyatakan dalam basis kering. Kurva isotermik dibuat dengan memplotkan kadar air dan aktivitas air atau RH desikator masing-masing.

Penentuan Model Sorpsi Isotermik

Dari sekian banyak model persamaan sorpsi isotermik, dipilih beberapa model persamaan yang dapat diaplikasikan pada bahan pangan. Persamaan yang dipilih adalah persamaan sederhana yang mempunyai parameter tidak lebih dari 3 serta dapat digunakan pada kisaran nilai a_w yang luas sehingga dapat mewakili ketiga daerah sorpsi isotermik. Model persamaan yang digunakan ditentukan berdasarkan penelitian sebelumnya dan penggunaan model ini ditujukan untuk mendapatkan kemulusan kurva (*curve fitting*) (Kusnandar *et al.* 2010).

Penelitian ini menggunakan enam model, yaitu model Hasley, Henderson, Caurie, Oswin, Chen Clayton, dan GAB. Keenam model persamaan sorpsi isotermik dievaluasi nilai *mean relative deviation*-nya (MRD).

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

- M_i = Kadar air percobaan
- M_{pi} = Kadar air hasil perhitungan
- n = Jumlah data

Jika nilai MRD <5, model sorpsi isotermik tersebut dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya atau sangat tepat. Jika $5 < MRD < 10$ maka model tersebut agak tepat menggambarkan keadaan sebenarnya dan jika MRD >10, model tersebut tidak tepat menggambarkan kondisi sebenarnya. Selanjutnya, dari model persamaan yang terpilih, ditentukan nilai b (kemiringan kurva sorpsi isotermik) untuk dimasukkan dalam perhitungan umur simpan berdasarkan persamaan Labuza.

Penentuan Parameter Pendukung

Nilai permeabilitas kemasan (k/x), diperoleh dari rujukan kepustakaan. Nilai tekanan uap jenuh (P_o) pada suhu penyimpanan diperoleh dari tabel Labuza. Nilai luas penampang (A) diperoleh dengan mengalikan dimensi kemasan. Nilai total padatan (W_s) diperoleh dengan mengoreksi bobot keseluruhan sampel dikurangi kadar air awal.

Pendugaan Umur Simpan

Semua parameter yang diukur dan ditetapkan pada tahap sebelumnya, antara lain M_i , M_c , M_e , k/x , P_o , b , A , dan W_s diintegrasikan ke dalam persamaan Labuza pendekatan kurva sorpsi isotermik untuk mendapatkan umur simpan produk bandrek instan.

Pendugaan Umur Simpan Sirup Buah Pala

Umur simpan sirup buah pala diestimasi dengan metode ASLT model Arrhenius yang banyak digunakan untuk pendugaan umur simpan produk pangan yang mudah rusak oleh akibat reaksi kimia, seperti oksidasi lemak, reaksi Maillard, dan denaturasi protein. Secara umum, laju reaksi kimia akan semakin cepat pada suhu yang lebih tinggi yang berarti penurunan mutu produk semakin cepat terjadi, maka model Arrhenius mensimulasikan percepatan krusa-

Tabel 1 Nilai kelembapan relatif larutan garam jenuh pada suhu 30 °C

Garam	RH (%)
MgCl ₂	32,4
NaBr	56
KI	68,8
NaCl	75,3
KCl	83,6
KNO ₃	92,3

Sumber: Bell dan Labuza 2000

kan produk pada kondisi penyimpanan suhu tinggi di atas suhu penyimpanan normal (Kusnandar 2011).

Suhu yang digunakan untuk memprediksi umur simpan sirup buah pala adalah 35, 45, dan 55 °C. Parameter utama yang digunakan merupakan parameter yang dianggap paling memengaruhi kemunduran mutu produk, yaitu nilai pH dan warna. Selain itu dianalisis juga parameter derajat brix-nya. Nilai ketiga parameter ini kemudian diplotkan pada model Arrhenius $\ln k = \ln k_0 - (E_a/R)(1/T)$.

Selain pengujian sifat fisikokimia yang bersifat objektif untuk menentukan umur simpan sirup buah pala, juga dilakukan uji organoleptik. Pengujian organoleptik dilakukan setiap 7 hari sekali dan dilakukan terhadap 10 orang panelis terlatih.

Warna Metode Hunter (Hutching 1999)

Warna dianalisis dengan menggunakan alat *chromameter*. Pengukuran dengan menggunakan alat ini menghasilkan nilai-nilai Hunter L , a , dan b . Pengertian dari lambang tersebut adalah sebagai berikut:

- L = kecerahan nilai :+ berarti berwarna cerah
- berarti berwarna gelap
- a = nilai (+) merah; nilai (-) hijau
- b = nilai (+) kuning; nilai (-) biru

Pengukuran Nilai pH dan Derajat Brix (AOAC 1999)

Pengukuran pH dilakukan dengan pH meter yang terlebih dahulu dikalibrasi oleh bufer pH 4 dan 7. Derajat Brix atau total padatan terlarut diukur dengan menggunakan refraktometer.

Pengujian Organoleptik

Menurut Ellis (1994), umur simpan suatu produk ditentukan dengan mengamati produk selama penyimpanan sampai terjadi perubahan yang tidak dapat diterima lagi oleh konsumen. Oleh karena itu, dalam menentukan daya simpan suatu produk perlu dilakukan pengukuran terhadap atribut mutu produk.

Atribut mutu yang diujikan dalam penelitian ini telah ditentukan sebelumnya dengan metode *focus group discussion* oleh para panelis terlatih yang berjumlah 10 orang, yaitu warna, aroma pala, aroma gula, rasa pala, dan rasa asam dari sirup buah pala. Pengujian dilakukan oleh panelis terlatih setiap seminggu dengan metode skoring.

Pendugaan Umur Simpan dengan Metode Arrhenius

Hasil yang diperoleh selanjutnya diplotkan pada grafik hubungan antara lama penyimpanan (hari) dan rata-rata penurunan nilai mutu/hari (k). Sumbu x menyatakan lama penyimpanan (hari), dan sumbu y menyatakan rata-rata penurunan nilai mutu/hari (k). Jika reaksi kerusakan pangan yang disimpan belum diketahui model orde reaksinya, maka plot nilai di atas dapat dilakukan baik pada orde nol maupun orde satu. Pada orde nol, plot dilakukan antara rataan skor pengamatan dan waktu penyimpanan, sedangkan untuk orde satu, nilai rataan skor terlebih dahulu diubah dalam bentuk lon (\ln) lalu diplotkan dengan waktu penyimpanan. Langkah berikutnya adalah menentukan regresi linearnya.

Setelah diperoleh persamaan regresi untuk setiap suhu penyimpanan, dibuat plot Arrhenius dengan sumbu x menyatakan $1/T$ dan sumbu y menyatakan $\ln k$. Nilai k menunjukkan gradien dari regresi linear yang didapat dari ketiga suhu penyimpanan, sedangkan T merupakan suhu penyimpanan yang digunakan. Berdasarkan hasil regresi yang diperoleh pada kurva Arrhenius, dapat diprediksi umur simpan produk produk berdasarkan persamaan:

$$k = k_0^{-E_a/RT}$$

keterangan:

k = konstanta penurunan suhu

k_0 = konstanta (tidak bergantung pada suhu)

E_a = energi aktivasi (Kal/mol)

T = suhu mutlak (K)

R = konstanta gas (1.986 Kal/mol K)

Persamaan tersebut diubah menjadi :

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{RT}$$

k_0 menunjukkan konstanta penurunan mutu yang disimpan pada suhu normal, k menyatakan konstanta penurunan mutu dari salah satu kondisi yang digunakan, sedangkan E_a/R merupakan gradien yang diperoleh dari plot Arrhenius. Berdasarkan perhitungan dengan rumus tersebut, diperoleh k . Selanjutnya umur simpan produk dapat dihitung berdasarkan persamaan:

$$t \text{ orde nol} = (A_0 - A)/k$$

$$t \text{ orde satu} = (\ln A_0 - \ln A)/k$$

Keterangan :

t = prediksi umur simpan (hari)

A_0 = nilai mutu awal

A = nilai mutu produk yang tersisa setelah waktu t

k = konstanta penurunan mutu pada suhu normal

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air Awal (M_i)

Kadar air awal sampel dianalisis dengan menggunakan metode gravimetri (AOAC 925.45, 1999). Berdasarkan hasil analisis, diketahui bahwa rata-rata kadar air awal produk bandrek instan adalah 1,24% bobot kering.

Kadar Air Kritis (M_c)

Titik kritis terletak pada saat bandrek disimpan selama 36 jam sehingga kadar air kritis yang didapat adalah 2,20% bobot kering.

Kurva Sorpsi Isotermik

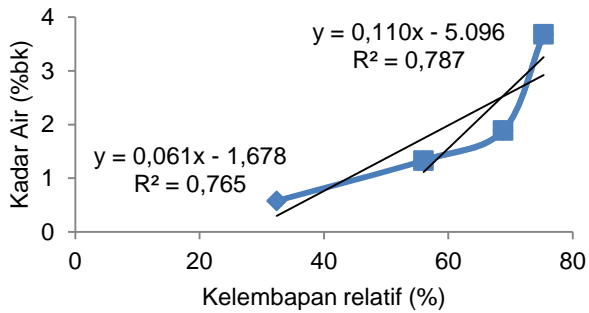
Kelembapan relatif dari larutan garam dan kadar air kesetimbangan dapat dilihat pada Tabel 2. Bandrek instan mengalami gejala penurunan dan penambahan bobot pada berbagai macam RH penyimpanan. Hal ini ditunjukkan dari nilai kadar air kesetimbangan yang bernilai lebih rendah pada desikator berisi garam $MgCl_2$ dan lebih tinggi pada desikator berisi garam $NaBr$, KI , dan $NaCl$ daripada kadar air awal produk. Penurunan dan penambahan bobot ini menunjukkan gejala hidratisasi.

Ciri hidratisasi bahan pangan dapat diartikan sebagai ciri fisik yang meliputi interaksi antara bahan pangan dan molekul air di udara lingkungannya (Syarif & Halid 1993). Interaksi yang terjadi disebabkan oleh perbedaan antara RH sampel dan lingkungannya hingga tercapai kesetimbangan yang ditandai dengan bobot sampel yang konstan. Namun, pada larutan KNO_3 dan KCl jenuh, sampel tidak mencapai kesetimbangan hingga sampel ditumbuhi kapang. Pertumbuhan kapang tersebut disebabkan oleh nilai a_w larutan KNO_3 (0,84) dan KCl (0,92) yang lebih tinggi daripada a_w minimum untuk pertumbuhan kapang, yaitu 0,80.

Dari kurva sorpsi isotermik yang terbentuk, didapatkan persamaan garis linear $y = 0,061x - 1,678$ dengan nilai $R^2 = 0,765$. Garis linear juga dibuat dari 3 RH tertinggi yang telah digunakan yang mendekati perkiraan RH lingkungan distribusi dan penyimpanan produk bandrek instan untuk mendapatkan umur simpan yang lebih tepat. Persamaan garis linear tersebut adalah $y = 0,110x - 5,096$ dengan nilai $R^2 = 0,787$.

Tabel 2 Kadar air kesetimbangan (M_e) produk bandrek instan pada beberapa RH penyimpanan

Garam	RH (%)	Kadar air kesetimbangan (%bb)	Kadar air kesetimbangan (%bk)
$MgCl_2$	32,4	0,58	0,58
$NaBr$	56	1,31	1,33
KI	68,8	1,86	1,89
$NaCl$	75,3	3,55	3,68



Gambar 1 Kurva sorpsi isotermik bandrek Instan.

Model Sorpsi Isotermik

Persamaan kurva sorpsi isothermis yang dihasilkan dari model-model sorpsi isotermik tersebut dapat dilihat dalam Tabel 3. Berdasarkan hasil perhitungan nilai MRD setiap persamaan kurva sorpsi isotermik yang dihasilkan dari keenam model persamaan matematika, dapat diketahui bahwa model GAB merupakan model yang paling tepat untuk menggambarkan kurva sorpsi isotermik bandrek instan (Gambar 2) karena memiliki nilai MRD paling kecil (8,23) dan <10. Persamaan GAB merupakan persamaan yang tepat untuk menggambarkan sorpsi isotermik pada sebagian besar produk pangan karena model ini bisa menggambarkan sorpsi isotermik bahan pangan pada kisaran a_w yang luas, yaitu $0,05 < a_w < 0,9$ dan (Spiess & Wolf 1987).

Parameter Pendukung

Umur simpan bandrek instan ditentukan pada kondisi RH 80 dan 85% serta suhu 30 °C. Bandrek Instan dikemas menggunakan kemasan *flexible aluminized film*. Menurut Burke (1992), nilai laju transmisi uap air ($WVTR$) kemasan *flexible aluminized film* adalah tidak lebih dari $0,31 \text{ g/m}^2$ hari yang dihitung pada suhu $38 \text{ }^\circ\text{C}$ dan RH 90%, sehingga didapatkan nilai permeabilitas kemasan ($\frac{k}{x}$) sebesar $0,00693 \text{ g/m}^2$ hari mmHg.

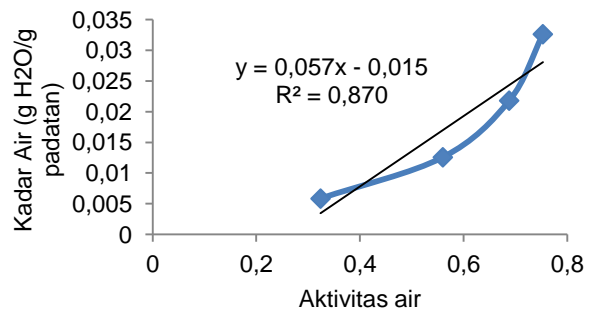
Nilai tekanan uap jenuh (P_0) pada suhu $30 \text{ }^\circ\text{C}$ sebesar $31,824 \text{ mmHg}$ diperoleh dari tabel Labuza. Nilai luas penampang (A) sebesar $0,0112 \text{ m}^2$ diperoleh dengan mengalikan dimensi kemasan. Total padatan (Ws) senilai $19,752 \text{ g}$ didapat dengan mengoreksi bobot keseluruhan sampel dikurangi kadar air awal. Nilai b (kemiringan kurva) diperoleh dari gradien kurva model persamaan sorpsi isotermik yang terpilih, yaitu $0,057$ dan juga didapatkan dari gradien persamaan garis linear yang terbentuk dari 3 RH tertinggi, yaitu $0,110$.

Dugaan Umur Simpan

Dugaan umur simpan bandrek instan dengan pendekatan kurva sorpsi isotermik dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5. Berdasarkan hasil perhitungan umur simpan dengan pendekatan kurva sorpsi isotermik pada Tabel 4 dan 5 didapatkan bahwa nilai umur simpan bandrek instan akan menurun seiring dengan meningkatnya kondisi RH penyimpanan. Untuk bahan

Tabel 3 Persamaan kurva sorpsi isotermik bandrek instan

Model	Persamaan	MRD
Hasley	$\log [\ln(1/a_w)] = -0,1551 - 0,7654 \log Me$	11,88
Chen-Clayton	$\ln [\ln(1/a_w)] = 0,0774 - 0,4043 Me$	50,24
Henderson	$\log [\ln(1/(1 - a_w))] = -0,1958 + 0,7102 \log Me$	16,70
Caurie	$\ln Me = -1,8701 + 3,9147 a_w$	15,45
Oswin	$\ln Me = 0,0816 + 0,9222 \ln [a_w / (1 - a_w)]$	13,84
GAB	$Me = 2,3310 a_w / (1 - 1,1165 a_w)(1 + 3,1608 a_w)$	8,23



Gambar 2 Kurva sorpsi isotermik bandrek instan model GAB.

Tabel 4 Perhitungan umur simpan bandrek instan model GAB

Parameter	RH 80%	RH 85%
Kadar air awal (g H ₂ O/g padatan)	0,0124	0,0124
Kadar air kritis (g H ₂ O/g padatan)	0,0220	0,0220
Kemiringan kurva sorpsi isotermik	0,110	0,110
Kadar air kesetimbangan (g H ₂ O/ g padatan)	0,0370	0,0425
Permeabilitas kemasan (g H ₂ O/m ² .hari.mmHg)	0,00693	0,00693
Luas kemasan (m ²)	0,0112	0,0112
Tekanan uap jenuh suhu 30 °C (mmHg)	31,824	31,824
Boot padatan per kemasan (g padatan)	19,752	19,752
Umur simpan (hari)	434	337
Umur simpan (bulan)	14	11

pangan yang bersifat higroskopis, semakin tinggi RH lingkungan penyimpanan, semakin banyak uap air yang diserap oleh bahan pangan sehingga mempercepat kerusakan mutu terutama parameter kenampakan. Hal ini akan berakibat pada lebih singkatnya umur simpan produk.

Dugaan Umur Simpan Sirup Buah Pala Pengamatan Sifat Fisikokimia Warna (Metode Hunter)

Perubahan warna selama pengujian pada sirup buah pala yang telah diencerkan dapat dilihat pada

Gambar 3, 4, dan 5. Berdasarkan gambar perubahan warna sirup buah pala pada 3 tingkatan suhu penyimpanan dan data pengukuran perubahan warna dapat diketahui bahwa semakin lama sirup pala disimpan, nilai *L* semakin turun yang menandakan sirup akan semakin berwarna gelap. Begitu juga dengan nilai *a* positif yang semakin turun yang menandakan sirup akan lebih berwarna hijau, serta nilai *b* positif yang juga menurun sehingga sirup akan lebih berwarna biru dan kurang berwarna kuning.

Hasil penghitungan nilai R^2 kedua orde tidaklah berbeda, sehingga selanjutnya perhitungan umur simpan dilakukan pada kedua orde dengan nilai *k* atau konstanta penurunan mutu produk (Tabel 6). Dengan memplotkan kebalikan suhu mutlak ($1/T$) terhadap $\ln k$, diperoleh grafik Arrhenius seperti terlihat pada Gambar 6 dan 7 yang merupakan contoh grafik Arrhenius dari parameter *L* atau kecerahan pada orde nol dan satu.

Data koefisien determinasi (R^2) dan nilai energi aktivasi berdasarkan beberapa parameter warna dapat dilihat pada Tabel 7. Nilai kritis kerusakan sirup buah pala diperoleh dari rata-rata nilai atribut warna ketika produk sudah tidak dapat diterima oleh panelis. Nilai kritis setiap atribut warna dapat dilihat pada Tabel 8. Umur simpan buah pala pada berbagai

Tabel 5 Perhitungan umur simpan bandrek instan dengan 2 RH penyimpanan

Parameter	RH 80%	RH 85%
Kadar air awal (g H ₂ O/g padatan)	0,0124	0,0124
Kadar air kritis (g H ₂ O/g padatan)	0,0220	0,0220
Kemiringan kurva sorpsi isotermik	0,057	0,057
Kadar air kesetimbangan (g H ₂ O/g padatan)	0,0306	0,0334
Permeabilitas kemasan (g H ₂ O/m ² .hari.mmHg)	0,00693	0,00693
Luas kemasan (m ²)	0,0112	0,0112
Tekanan uap jenuh suhu 30 °C (mmHg)	31.824	31.824
Bobot padatan per kemasan (g padatan)	19.752	19.752
Umur simpan (hari)	341	278
Umur simpan (bulan)	11	9

Tabel 7 Nilai *k* dan $\ln k$ atribut warna pada 3 suhu penyimpanan

Parameter	Suhu		1/T	Orde 0			Orde 1		
	°C	K		Kemiringan	<i>k</i>	$\ln k$	Slope	<i>k</i>	$\ln k$
<i>L</i>	35	308	0,003247	-0,1898	0,1898	-1.6618	-0,0066	0,0066	-5.0207
	45	318	0,003145	-0,2153	0,2153	-1.5357	-0,0076	0,0076	-4.8796
	55	328	0,003049	-0,2313	0,2313	-1.4640	-0,0083	0,0083	-4.7915
<i>a</i>	35	308	0,003247	-0,4459	0,4459	-0,8077	-0,0270	0,0270	-3.6119
	45	318	0,003145	-0,4838	0,4838	-0,7261	-0,0291	0,0291	-3.5370
	55	328	0,003049	-0,6925	0,6925	-0,3674	-0,0613	0,0613	-2.7920
<i>b</i>	35	308	0,003247	-0,3322	0,3322	-1.1020	-0,0395	0,0395	-3.2315
	45	318	0,003145	-0,3616	0,3616	-1.0172	-0,0444	0,0444	-3.1145
	55	328	0,003049	-0,3903	0,3903	-0,9408	-0,0546	0,0546	-2.9077

macam kondisi penyimpanan dan distribusi tersajikan pada Tabel 9.

Nilai pH

Data hasil pengamatan atas nilai pH yang dilakukan selama 35 hari dengan interval pengukuran



Gambar 3 Perubahan warna sirup buah pala pada penyimpanan suhu 35 °C selama 35 hari.



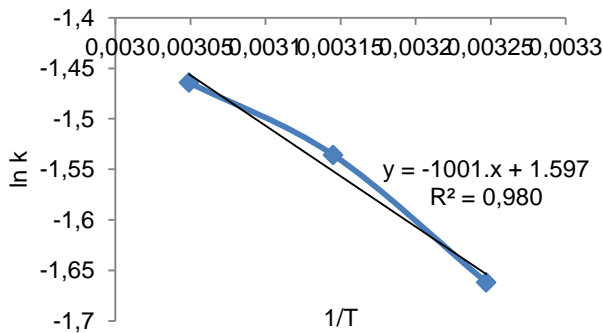
Gambar 4 Perubahan warna sirup buah pala pada penyimpanan suhu 45 °C selama 28 hari.



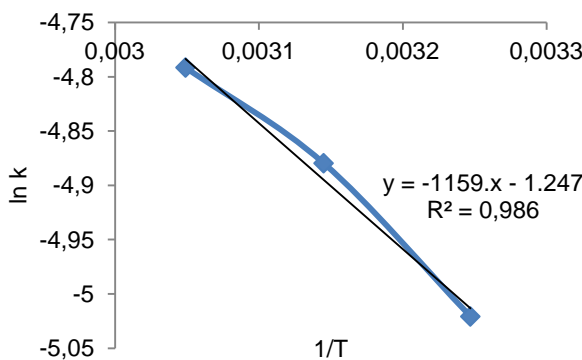
Gambar 5 Perubahan warna sirup buah pala pada penyimpanan suhu 55 °C selama 28 hari.

Tabel 6 Orde reaksi atribut warna sirup buah pala

Atribut Warna	Suhu Penyimpanan °C	R^2	
		Orde Reaksi Nol	Orde Reaksi Kesatu
<i>L</i>	35	0,8987	0,9087
	45	0,7477	0,7707
	55	0,7388	0,7637
<i>a</i>	35	0,9704	0,9910
	45	0,7134	0,7942
	55	0,7221	0,8795
<i>b</i>	35	0,8749	0,9535
	45	0,6009	0,6935
	55	0,5724	0,6687



Gambar 6 Hubungan $\ln k$ atribut warna L dengan suhu ($1/T$) Orde Nol.



Gambar 7 Hubungan $\ln k$ atribut warna L dengan suhu ($1/T$) Orde Satu.

Tabel 8 Nilai R^2 dan E_a berdasarkan atribut warna

Atribut warna	R^2		E_a (kal/mol)	
	Orde nol	Orde satu	Orde nol	Orde satu
L	0,9805	0,9868	1988,98	2301,77
a	0,8719	0,8042	4386,88	8152,53
b	0,9998	0,9693	1617,24	3237,18

Tabel 9 Nilai awal dan nilai kritis atribut mutu sirup buah pala

Atribut warna	Skor awal	Skor kritis
L	32,00	25,82 ± 0,140
a	+25,98	+9,23 ± 2.740
b	+15,88	+3,74 ± 0,549

setiap 7 hari sekali tertera pada Tabel 10. Perubahan nilai pH sirup buah pala terhadap lama penyimpanan, perubahan pH yang terjadi sangat sedikit dan bersifat fluktuatif, oleh karena itu parameter pH tidak dapat digunakan untuk menduga umur simpan sirup buah pala.

Total Padatan Terlarut

Perhitungan nilai total padatan terlarut (TPT) dinyatakan dalam °Brix, yaitu skala berdasarkan persentase (bobot) sukrosa dalam (larutan) minuman (Tabel 11). Menurut Agustina (2004), nilai TPT yang cenderung konstan selama penyimpanan menunjukkan sedikitnya gula yang digunakan oleh mikroba dan

Tabel 10 Umur simpan sirup buah pala berdasarkan atribut warna pada berbagai suhu penyimpanan

Atribut warna	Umur simpan (Hari)					
	Orde nol			Orde satu		
	4 °C	27 °C	30 °C	4 °C	27 °C	30 °C
L	46	35	34	208	35	34
a	87	47	44	190	61	53
b	49	39	38	67	42	40

Tabel 11 Nilai pH Sirup buah pala

Waktu (hari)	Suhu °C		
	35	45	55
0	3,55	3,55	3,55
7	3,41	3,40	3,41
14	3,38	3,46	3,42
21	3,44	3,39	3,49
28	3,47	3,49	3,44

mengindikasikan sedikitnya total mikroba pada minuman. Nilai TPT tidak dapat dijadikan sebagai parameter untuk menduga umur simpan sirup buah pala karena tidak didapatkan perubahan nilai TPT yang berarti selama penyimpanan berlangsung.

Atribut Mutu (Organoleptik)

Penentuan Nilai Kritis

Nilai kritis kerusakan sirup buah pala diperoleh dari rata-rata skor organoleptik yang diberikan oleh panelis ketika produk sudah tidak dapat diterima. Nilai kritis setiap atribut mutu dapat dilihat pada Tabel 12.

Orde Reaksi

Orde reaksi ditentukan dengan melihat nilai R^2 yang lebih besar. Orde reaksi masing-masing atribut mutu dapat dilihat pada Tabel 13. Hasil penghitungan nilai R^2 kedua orde tidaklah berbeda sehingga selanjutnya perhitungan umur simpan dilakukan pada kedua orde.

Umur Simpan

Berdasarkan persamaan grafik penurunan atribut mutu sirup buah pala didapat nilai k atau konstanta penurunan mutu produk (Tabel 14). Dengan memplotkan kebalikan suhu mutlak ($1/T$) terhadap $\ln k$, maka diperoleh grafik Arrhenius seperti terlihat pada Gambar 8 dan 9 yang merupakan contoh grafik Arrhenius dari parameter warna pada orde nol dan satu. Data koefisien determinasi (R^2) dan nilai energi aktivasi berdasarkan beberapa parameter atribut mutu dapat dilihat pada Tabel 15 dan umur simpan sirup buah pala dapat dilihat pada Tabel 16.

Umur Simpan Sirup Buah Pala

Penyimpanan dan distribusi sirup buah pala diasumsikan terjadi pada kondisi suhu 30 °C. Dengan membandingkan Tabel 7 dengan 15, dapat disimpulkan atribut mutu yang paling baik dijadikan acuan dalam penentuan umur simpan sirup buah pala adalah nilai L atau kecerahan sirup buah pala. Hal ini dapat dilihat dari nilai R^2 yang besar ($\geq 0,95$), dan nilai E_a (energi aktivasi) yang paling kecil serta memberi-

kan dugaan umur simpan yang paling pendek, yakni 34 hari. Namun, jika dilihat dengan pertimbangan lain, umur simpan sirup buah pala juga dapat ditentukan berdasarkan parameter yang lain (Pratiwi 2009). Misalkan dengan pertimbangan dari segi ekonomi,

Tabel 12 Nilai °Brix sirup buah pala pada berbagai macam suhu dan waktu penyimpanan

Suhu °C	Lama penyimpanan (hari)				
	0	7	14	21	28
35	55	55	55	55	55
45	55	55	55	55	55
55	55	55	55	55	55

Tabel 13 Nilai awal dan nilai kritis atribut mutu sirup buah pala

Atribut mutu	Skor awal	Skor kritis
Warna	10	4,67 ± 0,404
Aroma pala	6	3,17 ± 0,306
Aroma gula	9	5,93 ± 0,321
Rasa pala	5	2,67 ± 0,289
Rasa asam	8	5,33 ± 0,416

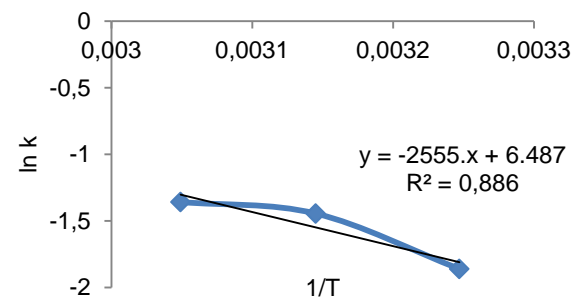
Tabel 14 Orde reaksi atribut mutu sirup buah pala

Atribut mutu	Suhu penyimpanan °C	R ²	
		Orde reaksi nol	Orde reaksi satu
Warna	35	0,9285	0,8778
	45	0,9623	0,9432
	55	0,9233	0,9579
Aroma pala	35	0,9536	0,9070
	45	0,9745	0,9959
	55	0,9021	0,9752
Aroma gula	35	0,9711	0,9532
	45	0,9693	0,9757
	55	0,9602	0,9649
Rasa pala	35	0,9695	0,9292
	45	0,9500	0,9823
	55	0,8242	0,9262
Rasa asam	35	0,9292	0,9275
	45	0,9823	0,9874
	55	0,9262	0,9797

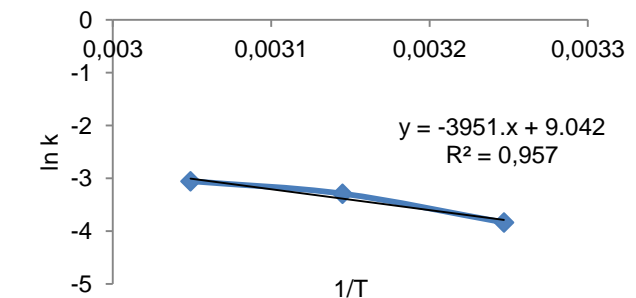
umur simpan yang ditentukan dari parameter warna *L* dirasa terlalu pendek dan tidak menguntungkan produsen. Jadi, tetap diperhatikan syarat kriteria pemilihan parameter mutu, dapat dilihat bahwa atribut mutu rasa asam, aroma pala, dan aroma gula juga memiliki nilai *R*² di atas 0,95 dengan energi aktivasi yang tidak jauh berbeda sehingga masih memungkinkan digunakan sebagai parameter pembatas dalam pendugaan umur simpan.

Perbandingan Umur Simpan dengan Produk Sejenis

Penelitian umur simpan produk minuman fungsional lainnya telah dilakukan dan perbandingannya dengan umur simpan bandrek instan dan sirup buah pala tertera pada Tabel 18. Dapat dilihat bahwa



Gambar 8 Hubungan ln k Atribut Warna dengan suhu (1/T) orde nol.



Gambar 9 Hubungan ln k Atribut Warna dengan suhu (1/T) orde satu.

Tabel 15 Nilai k dan ln k atribut mutu sirup buah pala pada 3 suhu penyimpanan

Parameter	Suhu		1/T	Orde nol			Orde satu		
	°C	K		Kemiringan	k	ln k	Kemiringan	k	ln k
Warna	35	308	0,003247	-0,1555	0,1555	-1.8611	-0,0216	0,0216	-3.8351
	45	318	0,003145	-0,2357	0,2357	-1.4452	-0,0372	0,0372	-3.2914
	55	328	0,003049	-0,2571	0,2571	-1.3583	-0,0471	0,0471	-3.0555
Aroma pala	35	308	0,003247	-0,0808	0,0808	-2.5158	-0,0179	0,0179	-4.0230
	45	318	0,003145	-0,1071	0,1071	-2.2340	-0,0253	0,0253	-3.6770
	55	328	0,003049	-0,1443	0,1443	-1.9359	-0,0439	0,0439	-3.1258
Aroma gula	35	308	0,003247	-0,0963	0,0963	-2.3403	-0,0132	0,0132	-4.3275
	45	318	0,003145	-0,1314	0,1314	-2.0295	-0,0185	0,0185	-3.9900
	55	328	0,003049	-0,2000	0,2000	-1.6094	-0,0344	0,0344	-3.3697
Rasa pala	35	308	0,003247	-0,0690	0,0690	-2.6736	-0,0187	0,0187	-3.9792
	45	318	0,003145	-0,0814	0,0814	-2.5084	-0,0224	0,0224	-3.7987
	55	328	0,003049	-0,1086	0,1086	-2.2201	-0,0374	0,0374	-3.2861
Rasa asam	35	308	0,003247	-0,0820	0,0820	-2.5010	-0,0124	0,0124	-4.3900
	45	318	0,003145	-0,1057	0,1057	-2.2472	-0,0167	0,0167	-4.0923
	55	328	0,003049	-0,1471	0,1471	-1.9166	-0,0265	0,0265	-3.6306

Tabel 16 Nilai R^2 dan Ea berdasarkan atribut mutu

Atribut mutu	R^2		Ea (kal/mol)	
	Orde nol	Orde satu	Orde nol	Orde satu
Warna	0,8860	0,9579	5074,23	7848,47
Aroma Pala	0,9989	0,9780	5813,22	8974,73
Aroma Gula	0,9893	0,9657	7317,81	9574,51
Rasa pala	0,9704	0,9197	4534,83	6915,25
Rasa asam	0,9913	0,9801	5852,15	7596,45

Tabel 17 Umur simpan sirup buah pala berdasarkan atribut mutu warna pada berbagai suhu

Atribut mutu	Umur simpan (Hari)					
	Orde nol			Orde satu		
	4 °C	27 °C	30 °C	4 °C	27 °C	30 °C
Warna	82	40	37	141	47	41
Aroma pala	102	45	41	191	54	47
Aroma gula	123	44	39	191	50	42
Rasa pala	79	42	39	126	48	42
Rasa asam	96	42	38	135	46	41

Tabel 18 Perbandingan umur simpan produk bandrek instan dan sirup buah pala dengan beberapa produk sejenis

Sampel	Umur simpan (hari)	Acuan
Bandrek instan	341	Aryani 2013
Kopi instan	732	Wijaya 2007
Bubuk jahe merah	629	Sugiarto <i>et al.</i> 2007
Bubuk jahe instan	268	Estiasih 2010
<i>Microencapsulated ginger powder</i>	1479	Parsetiorini 2011
Sirup buah pala	34	Aryani 2013
Bir pletok	29	Wiguna 2011
Sari akar alang-alang	41	Anagari <i>et al.</i> 2011
Sari warnas	39	Pratiwi 2009
<i>Ascorbic acid syrup</i>	40	Sungthongjeen 2004
Sirup manggis	78	Iswari <i>et al.</i> 2006

umur simpan bandrek instan dan sirup buah pala tidak jauh berbeda dengan produk-produk sejenis. Perbedaan umur simpan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti formulasi dan proses pengolahan, kondisi penyimpanan, serta kemasan yang berbeda (Labuza 1982).

KESIMPULAN

Produk bandrek produksi Posdaya Mekar Sari Dramaga Bogor diduga memiliki umur simpan selama 341 hari (11 bulan) bila disimpan pada RH 80% dengan suhu 30 °C sedangkan produk sirup pala akan kadaluwarsa setelah 34–47 hari bila disimpan pada suhu 30 °C.

DAFTAR PUSTAKA

[AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 1999. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemist*. Arlington (US): AOAC Inc.

Agustina R. 2004. *Formulasi dan daya simpan minuman dalam kemasan gelas plastik*. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

Anagari H, Mustaniroh SA, Wignyanto. 2011. Penentuan umur simpan minuman fungsional sari akar alang-alang dengan metode *accelerated shelf life testing* (ASLT) (Studi Kasus di UKM “R. Rovit” Batu, Malang). 2011. *Agrotek*. 5(2): 133–143.

Arpah. 2001. *Buku dan Monograf Penentuan Kadaluwarsa Produk*. Program Studi Ilmu Pangan. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

Burke J. 1992. *Vapor Barrier Films*. WAAC Newsletter. 14(2): 13–17.

Ellis MJ. 1994. *The methodology of shelf life determination*. In: *Shelf Life Evaluation of Foods*. Ed. Man CMD dan Jones AA. Blackie Academic and Professional. Glasgow (UK).

Estiasih T. 2010. Penentuan umur simpan jahe instan dengan metode *accelerated shelf life test* (ASLT) dengan pendekatan Arrhenius. Malang (ID): Universitas Brawijaya.

Hutching JB. 1999. *Food Color and Appearance*. Maryland (US): *Chapman and Hall Food Science Book*. Aspen Publishers Inc.

Iswari K, Harnel, Afdi E, Azman. 2006. Kajian formulasi dan pendugaan umur simpan sirup manggis. *Prosiding Seminar Nasional Hortikultura*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Barat.

Kusnandar F, Adawiyah DR, Fitria M. 2010. Pendugaan umur simpan produk biskuit dengan metode akselerasi berdasarkan pendekatan kadar air kritis. *J Teknol Indus Pangan*. 21(2): 117–122.

Kusnandar F. 2011. Pendugaan umur simpan produk pangan dengan metode *accelerated shelf-life testing* (ASLT). [Internet]. [diunduh 18 Okt 2012] Tersedia pada: <http://www.foodreview.biz/preview.php?view2&id=55843>

- Labuza TP. 1982. *Open shelf-life Dating of Foods. Food Science and Nutrition*. Westport (US): Connecticut Press Inc.
- Pratiwi. 2009. Formulasi, uji kecukupan panas, dan pendugaan umur simpan minuman sari wornas (wortel-nanas). [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Prihantini S. 2003. Formulasi, karakterisasi kimia dan uji aktivitas antioksidan produk minuman fungsional tradisional dari sari jahe (*Zingiber officinale*), sari sereh (*Cymbopogon flexuosus*), dan campurannya. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Setyaningsih D, Apriyantono A, Puspitasari M. 2010. *Analisis Sensori untuk Industri Pangan dan Agro*. Jakarta (ID): Bharata Karya Aksara.
- Spiess WEL, Wolf W. 1987. Critical evaluation of methods to determine moisture sorption Isotherm. Dalam: *Water Activity: Theory and Application to Food*. New York (US): Marcell Dekker.
- Sugiarto YI, Tedy. 2007. Pendugaan umur simpan bubuk jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*). *J Teknol Indus Pertan*. 17(1): 7–11.
- Sungthongjeen S. 2004. Application of Arrhenius equation and Plackett-Burman design to ascorbic acid syrup development. *Naresuan Univ J*. 12(2): 1–12
- Syarif R, Halid H. 1993. *Teknologi Penyimpanan Pangan*. Bogor (ID): Pusat Studi Antaruniversitas, Institut Pertanian Bogor.
- Widowati S, Herawati H, Syarif R, Suyatma NE, Prasetia HA. 2010. Pengaruh isoterm sorpsi air terhadap stabilitas beras ubi. *J Teknol Indus Pangan*. 21(2): 123–128.
- Wiguna D. 2011. Pengaruh suhu dan transparansi kemasan terhadap stabilitas kapasitas antioksidan sebagai parameter umur simpan bir pletok. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Wijaya CH. 2007. Pendugaan umur simpan produk kopi instan formula merk-Z dengan metode Arrhenius. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.