

Penelitian/Research

PENDUGAAN MASA SIMPAN PRODUK KOPI INSTAN MENGGUNAKAN STUDI PENYIMPANAN YANG DI AKSELERASI DENGAN MODEL KINETIKA ARRHENIUS

Shelf-life Prediction of Instant Coffee Using an Accelerated Storage Study with Arrhenius Kinetics Model

Agus Sudibyo⁽¹⁾, Tiurlan F. Hutajulu⁽¹⁾ dan Setyadjit⁽²⁾

⁽¹⁾ Balai Besar Industri Agro (BBIA),
Jl. Ir. H. Juanda No. 11 Bogor 16122

⁽²⁾ Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian,
Jl. Tentara Pelajar 12, Bogor 16114

ABSTRACT: Instant coffee is one of Indonesian's processed food product, that can be easily undergo a reduction in quality caused by adsorb of moisture. Nowadays, consumers demand products with good appearance, texture, taste and flavor whilst keeping their nutritional value. In order to meet consumers expectations for high-quality products, food industries must be conducted shelf-life studies that many times include the assessment of several analytical and sensory properties. Shelf-life dating using Arrhenius method is one of an accelerated shelf-life test. The purpose of this study were to observe initial instant coffee characteristics, to observe the changes of quality during storage, to determine the quality critical point parameter for the product and the prediction of shelf-life of the product using Arrhenius kinetics method based on its quality control parameters. In the present study it was found that during storage of the product, moisture content and brightness level color value of the product have increased, meanwhile the volatile reducing substance (VRS) value and boiled coffee aroma have decreased; and sensory evaluation based on hedonic test showed there was no significant for boiled coffee aroma. Critical parameter for this study is moisture content with the value of critical point for moisture content is 17.98%. Calculation based on Arrhenius kinetics equation at 30°C, RH 70% revealed a present of shelf-life for 588 days, at 45°C & RH 70% revealed a present of shelf-life for 398 days, and at 50°C & RH 70% revealed to make a present of shelf-life for 352days.

Keywords : *shelf-life, accelerated storage, coffee instant, Arrhenius model.*

PENDAHULUAN

Usaha perkopian termasuk industri pengolahan kopi mempunyai kontribusi yang cukup signifikan dalam perekonomian Nasional, yaitu sebagai penghasil devisa ekspor, sumber pendapatan petani, penciptaan lapangan kerja dan pengembangan wilayah (Ditjen Industri Agro dan Kimia, 2007). Pada saat ini, produk olahan kopi pada umumnya diperdagangkan dalam bentuk kopi bubuk, baik berupa kopi murni maupun kopi yang telah dicampur dengan bahan lainnya seperti kopi instant, kopi mix, kopi jahe dan lain-lain.

Kopi instan merupakan produk olahan kopi yang dibuat dari kopi bubuk yang diekstrak dengan menggunakan air (Clarke, 1988). Di dalam Encyclopedia Britanica (1983), disebutkan bahwa pada pembuatan

kopi instan, sejumlah konsentrasi kopi cair dipekatkan kemudian dikeringkan menggunakan udara panas dengan alat pengering semprot (*spray dryer*) pada keadaan vakum atau dengan cara pengeringan dingin (*lyophilization*). Kopi instan harus dilindungi dengan pengemasan yang cocok sebelum didistribusikan kepada pedagang eceran (ritel) atau pasar berdasarkan pertimbangan utama untuk menghindari adsorpsi uap air dari lingkungan, yang tidak hanya mengakibatkan terjadinya penggumpalan; tetapi juga akan mempercepat deteriorasi aroma (Smith, 1989).

Kopi instan umumnya merupakan campuran beberapa bahan seperti kopi, gula, krim bubuk, serta beberapa bahan lain yang disesuaikan dengan kebutuhan. Dalam proses pembuatannya biasanya ditambahkan bahan lain sebagai bahan penyalut seperti maltodekstrin atau gum arab atau pati

termodifikasi lainnya. Rentang waktu antara masa produksi dengan konsumsi yang cukup lama menyebabkan produk kopi instan perlu disimpan terlebih dahulu. Pada saat baru diproduksi, mutu produk dianggap dalam keadaan 100%, dan akan menurun sejalan dengan lamanya penyimpanan dan distribusi. Selama masa penyimpanan dan distribusi, produk pangan termasuk kopi instan akan mengalami kehilangan bobot, nilai pangan, mutu, nilai jual, daya tumbuh dan kepercayaan (Rahayu *et al.*, 2003). Penurunan mutu produk dapat menurunkan masa simpan produk. Untuk menjamin bahwa kopi instan masih layak untuk dikonsumsi dan belum mengalami kerusakan diperlukan informasi tentang masa simpan. Oleh karena itu, informasi dan pengetahuan tentang masa simpan pada produk pangan sangatlah penting (Ellis, 1994), sedangkan studi masa simpan juga sangat penting terutama untuk produk pangan baru sebagai suatu hasil kegiatan penelitian dan pengembangan (Hariyadi, 2004). Disamping itu, berkaitan dengan berkembangnya industri pangan skala kecil-menengah, dipandang perlu untuk mengembangkan penentuan masa simpan produk sebagai bentuk jaminan keamanan pangan.

Umur simpan atau masa simpan adalah jarak waktu mulai produksi hingga ditolaknya bahan pangan (Stollman *et al.*, 2000). Masa simpan juga mengandung pengertian tentang waktu antara saat produk mulai dikemas sampai dengan mutu produk secara sensorik dan nutrisi masih memenuhi syarat untuk dikonsumsi (Hine, 1997). Beberapa faktor yang mempengaruhi masa simpan adalah karakteristik produk, lingkungan dan sifat kemasan. Faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, kandungan oksigen dan cahaya dapat memicu beberapa reaksi yang dapat menyebabkan penurunan mutu produk (Stollman, *et al.*, 2000).

Penentuan masa simpan produk pangan dapat diduga dan kemudian ditetapkan waktu kadaluwarsanya dengan menggunakan dua konsep studi (metode) penyimpanan produk pangan, yaitu *Extended Storage Studies* (ESS) dan *Accelerated Storage Studies* (ASS) (Robertson, 1993; Arpah, 2001). ESS sering disebut juga sebagai metode konvensional adalah penentuan tanggal kadaluwarsa dengan cara menyimpan suatu seri produk pangan pada kondisi normal sehari-hari, kemudian dilakukan pengamatan terhadap penurunan

mutu hingga diketahui umur simpannya. Metode ASS adalah penentuan umur simpan dengan cara mempercepat perubahan mutu pada parameter kritisnya. Metode ini menggunakan suhu kondisi lingkungan yang dapat mempercepat (*accelerate*) terjadinya reaksi-reaksi penurunan mutu produk pangan (Labuza, 1982). Menurut Arpah (2001), metode ASS dapat menggunakan dua pendekatan, yaitu kadar air kritis yang diterapkan untuk produk kering dan a_w kritis untuk produk pangan semi basah atau *Intermediate Moisture Food* (IMF).

Model pendugaan masa simpan suatu produk dapat dilakukan dengan berbagai cara di antaranya dengan menggunakan kinetika seperti model Labuza, model waktu paruh dan model Arrhenius (Maria dan Peleg, 2007). Dalam reaksi kinetik digunakan persamaan matematis yang merupakan fungsi dari suhu dan merupakan hasil suatu integral (Zanoni *et al.*, 2001). Metode percepatan (akselerasi) menerapkan studi kinetika reaksi dengan bantuan persamaan Arrhenius, yang pada umumnya menggunakan ordo reaksi nol atau satu untuk produk pangan. Dalam hal ini, produk pangan disimpan dan dikondisikan pada suhu dan kelembaban relatif yang tinggi (ekstrem) sehingga parameter (kadar air) kritisnya lebih cepat tercapai akibat pengaruh panas. Dengan metode ini suatu percobaan penyimpanan dengan menggunakan tiga suhu mampu memprediksi umur simpan pada berbagai suhu penyimpanan yang diinginkan (Hough *et al.*, 2006 ; Dattatreya *et al.*, 2007). Semakin sederhana model yang digunakan untuk menduga umur simpan, maka semakin banyak asumsi yang dipakai. Asumsi-asumsi yang digunakan dalam pendugaan Arrhenius adalah : (1) Perubahan faktor mutu hanya ditentukan oleh satu macam reaksi saja; (2) Tidak terjadi faktor lain yang mengakibatkan perubahan mutu, (3) Proses perubahan mutu dianggap bukan merupakan akibat proses-proses yang terjadi sebelumnya, dan (4) Suhu selama penyimpanan tetap atau dianggap tetap.

Tujuan penelitian ini adalah untuk : (1) Mendapatkan karakteristik awal produk kopi instan; (2) Mengetahui perubahan mutu produk kopi instan formulasi selama penyimpanan; (3) Menentukan parameter kritis dan titik kritis mutu produk kopi instan, dan (4) Menduga masa simpan produk kopi instan formula berdasarkan parameter kritisnya dengan metode Arrhenius.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah kopi instan formula yang komposisinya terdiri atas kopi instan, krimer bubuk, gula dan ekstrak jahe yang telah dikemas sebelumnya dengan bahan kemasan *metalized plastics*. Bahan-bahan tersebut diperoleh dari suatu perusahaan industri penghasil kopi instan di Jakarta.

Bahan yang digunakan untuk analisis dalam penelitian ini adalah air aquadest, KMnO_4 0,02 N; H_2SO_4 6 N; HCl 0,02 N, indikator Mensel, pelarut heksan, KI 20%; Natrium thiosulfat 0,02 N dan indikator kanji. Bahan-bahan kimia diperoleh dari Balai Besar Industri Agro (BBIA) Bogor dan Akademi Kimia Analisis Bogor (AKAB).

Penelitian pendugaan masa simpan produk kopi instan formula dilakukan di bangsal dan laboratorium pengolahan Balai Besar Litbang Pascapanen, Departemen Pertanian, Cimanggu, Bogor dan Balai Besar Industri Agro (BBIA) Bogor pada bulan April sampai Agustus 2009.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian dan pengujian umur simpan produk kopi instan formula ini adalah berupa peralatan untuk penentuan umur simpan seperti inkubator suhu 30°C, 45°C dan 50°C untuk penempatan desikator; cawan poselin untuk pengujian kadar air, cawan petri untuk pengujian mikroba, oven pengering merk Memmert, tanur listrik (Perkin Palmer) untuk pengujian kadar abu, Labu *Sohxlet*, Colorimeter tipe Ultra Scan XE U3115 (Color Global Co.), botol timbang, pengaduk pendek, pipet tetes (pyrex), pipet volumetrik 25 ml (Pyrex), Erlenmeyer 300 ml, 500 ml dan Erlenmeyer 1 L (Pyrex), penangas air/*water bath* (gerhardt), Labu aerasi *VRS apparatus*, mikroburet (pyrex), neraca analitik (Sartorius), *hot plate* (Global Lab. Brand), corong, botol kemasan, termometer air raksa (0 - 100 °C) dan refrigerator (Sanyo).

Metode

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Karakterisasi Mutu Kopi Instan

Karakterisasi produk kopi instan dilakukan dengan melakukan analisis proksimat, uji jumlah mikroorganisme dan uji jumlah bakteri *E. coli* dari produk kopi instan yang diperoleh. Analisis proksimat dilakukan terhadap kadar air (AOAC, 1995), kadar abu (AOAC, 1995), kadar protein kasar (metode Kjeldahl) dan kandungan lemak kasar (AOAC, 1995). Analisis dilakukan dengan metode AOAC, karena metode tersebut merupakan metode yang telah diadopsi oleh Standar Nasional Indonesia (SNI).

2. Perubahan Mutu Produk Kopi Instan Formula Selama Penyimpanan

Pada tahap penelitian ini dilakukan kajian terhadap perubahan mutu produk kopi instan. Dalam penelitian ini, produk kopi instan disimpan dalam inkubator pada suhu 30°C, 45°C dan 50°C serta pada kelembaban relatif (RH) 70%. Inkubator ini dapat distel/diatur suhunya sesuai yang diinginkan. Untuk mengatur RH desikator sebesar 70% digunakan larutan garam jenuh SrCl_2 . Pemilihan suhu mengacu pada pendugaan umur simpan produk pangan kering dengan metode ASS pada tiga suhu penyimpanan 30°C, 45°C dan 50°C (Arpah, 2001). Penelitian dilakukan sebanyak tiga kali ulangan, pengamatan dan pengujian dilakukan selama 8 minggu dengan pengambilan sampel pada penyimpanan awal (minggu ke-0), minggu ke-2; minggu ke-3 dan seterusnya hingga minggu ke-8. Analisis pengujian dilakukan terhadap warna kopi dan seduhannya (metode Hunter, Ultra Scan XE U3115, Color Global Co.), kadar air (AOAC, 1995), Nilai VRS (*Volatile Reducing Substance*) dengan metode titrasi menggunakan Natrium thiosulfat 0,02 N serta evaluasi terhadap uji sensori melalui uji hedonik terhadap aroma seduhan kopi instan formula (Resurrectcion, 1998).

Pengujian terhadap aroma seduhan kopi dilakukan dengan cara penciuman secara langsung kopi instan yang telah dilarutkan dengan air panas sesuai takaran saji yang tertera pada kemasan produk oleh 15 orang panelis semi terlatih. Penilaian panelis terhadap aroma seduhan kopi dituliskan dalam bentuk skala hedonik 1-5 dengan tingkat kesukaan yang semakin meningkat seiring

semakin tingginya angka skala (1 = sangat tidak suka; 2 = tidak suka; 3 = netral; 4 = suka dan 5 = sangat suka). Panelis mengisi penilaiannya pada formulir yang telah disediakan sesuai dengan tingkat kesukaan terhadap masing-masing sampel tanpa menbandingkan satu sama lainnya.

Analisis data uji hedonik dilakukan secara statistik menggunakan analisis ragam dengan program SPSS (*Statistic Process for Social Science*) 12,0. Pengujian analisis ragam dilakukan untuk melihat perbedaan secara nyata dari skor hedonik masing-masing sampel. Bila terdapat perbedaan yang nyata, analisis dilakukan dengan uji lanjut Duncan (Volk, 1979).

3. Penentuan Parameter Kritis

Langkah-langkah pendugaan umur simpan dengan metode ASS adalah diawali dengan mengidentifikasi parameter kritis yang menentukan umur simpan produk. penentuan parameter kritis untuk mutu produk kopi instan didasarkan pada perubahan mutu yang digunakan yang meliputi kadar air serta warna kopi instan dan seduhannya. Pada tahap ini pengamatan dilakukan terhadap kecenderungan (*trend*) perubahan mutu selama penyimpanan serta menentukan nilai mutu awal dan batas mutu minimal (akhir) yang diharapkan. Batas mutu minimal adalah nilai mutu dimana produk mulai ditolak oleh konsumen (Hough *et al.*, 2006). Penilaian parameter dilakukan berdasarkan perubahan mutu yang paling cepat menyebabkan kerusakan.

4. Pendugaan Umur Simpan dengan Metode Arrhenius

Hasil analisis dan pengamatan parameter kritis yang diperoleh selanjutnya diplotkan pada grafik hubungan antara lama penyimpanan (hari) dan rata-rata penilaian mutu/hari (k); dimana sumbu x menyatakan lama penyimpanan (hari), sedangkan sumbu y menyatakan rata-rata penurunan nilai mutu/hari (k). Langkah berikutnya adalah menentukan regresi liniernya. Setelah diperoleh persamaan regresi linier untuk masing-masing suhu penyimpanan dibuat plot Arrhenius dengan sumbu x menyatakan 1/T dan sumbu y menyatakan ln K. K menunjukkan gradien dari regresi linier yang didapat dari ketiga suhu penyimpanan,

sedangkan T merupakan suhu penyimpanan yang digunakan dan dinyatakan dalam derajat Kelvin (°K).

Berdasarkan hasil regresi yang diperoleh pada kurva Arrhenius dapat diprediksi umur simpan produk kopi instan berdasarkan persamaan :

$$K = K_0 \cdot e^{\frac{E/R}{T_2 - T_1} \cdot \frac{T_2 \cdot T_1}{T_1 \cdot T_2}} \dots\dots\dots(1)$$

K₀ menunjukkan konstanta penurunan mutu produk yang disimpan pada suhu normal, K menyatakan konstanta penurunan mutu dari salah satu kondisi suhu yang digunakan (suhu 30°C, 45°C dan 50°C); sedangkan E/R merupakan gradien yang diperoleh dari plot Arrhenius. Berdasarkan perhitungan dengan rumus tersebut, akan diperoleh nilai K (konstanta penurunan mutu pada suhu normal).

Selanjutnya, umur simpan produk kopi instan formula dapat dihitung dari selisih nilai (skor) mutu awal produk dan nilai (skor) mutu produk pada saat produk tidak disukai setelah waktu penyimpanan dibagi dengan laju (konstanta) penurunan mutu pada suhu normal dengan persamaan (Arpah, 2001)

$$t = (A_0 - A)/K \dots\dots\dots(2),$$

dimana :

- t ; Prediksi umur simpan (hari)
- A₀ ; Nilai mutu awal produk (hari)
- A ; Nilai mutu produk yang tidak disukai setelah waktu t
- K ; Laju (konstanta) penurunan mutu pada suhu normal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Mutu Produk

Hasil karakterisasi mutu produk berdasarkan analisis proksimat, uji jumlah bakteri atau *total plate count* (TPC) dan uji bakteri keberadaan *E. coli* dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) kopi instan (SNI,01-2983-1992) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil karakterisasi mutu produk kopi instan dibandingkan dengan SNI. 01-2983-1992.

No.	Parameter	Hasil pengujian kopi instan formula	SNI.01-2983-1992 : Kopi instan
1.	Kadar air (%)	4,61	Maks.4% bobot
2.	Kadar abu (%)	3,23	7-14% bobot
3.	Kadar lemak (5)	4,71	-
4.	Kadar protein (%)	3,82	-
5.	Uji mikrobiologi		
	- Kapang	-	Maks. 50 koloni/g
	- Jumlah bakteri	-	< 300 koloni/g
	- TPC (<i>Total Plate Count</i>)	5 koloni/g	-
	- <i>E. coli</i>	0	-
6.	Uji Organoleptik		
	- Bau	Normal	Normal
	- Rasa	Normal	Normal

Dari Tabel 1 tersebut dapat dilihat bahwa kadar air produk kopi instan formula berdasarkan hasil pengujian memiliki nilai 4,61%. Kadar air ini dibandingkan dengan SNI 01-2983-1992 (BSN, 1992) ternyata tidak sesuai dengan standar produk kopi instan di Indonesia kadar airnya lebih tinggi dari 4%. Nilai kadar air yang lebih tinggi pada produk kopi instan ini dapat disebabkan karena kurang sempurnanya proses pengeringan saat pengolahan atau produk yang tidak langsung dikemas melalui proses pengeringan, baik melalui penggunaan pengering semprot (*spray dryer*) atau pengering beku (*freeze dryer*). Disamping itu, produk kopi instan yang berbentuk bubuk dan bersifat higroskopis akan mudah mengikat uap air dari udara. Oleh karena itu, produk yang telah melalui proses pengeringan harus segera dikemas secara cepat agar uap air yang terkandung di udara tidak diikat oleh produk.

Dari Tabel 1 tersebut juga dapat dilihat bahwa kadar abu produk kopi instan hasil pengujian sebesar 3,23%. Kadar abu produk kopi instan ini ternyata lebih rendah bila dibandingkan dengan SNI 01-2983-1992 yang mensyaratkan sebesar 7 – 14%. Nilai kadar abu yang rendah tersebut menunjukkan bahwa diduga kandungan mineral dan ion-ion organik yang terkandung dalam kopi instan yang menjadi komponen utama produk tersebut tergolong rendah. Kadar abu yang rendah dapat disebabkan karena kandungan mineral dari bahan-bahan yang ditambahkan dalam proses formulasi produk rendah.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1 ternyata kadar lemak produk kopi instan mempunyai nilai sebesar 4,71%. Menurut Pintauro (1975), kadar lemak pada

produk kopi instan umumnya hanya sekitar 0,2%. Tingginya kadar lemak pada produk kopi instan tersebut diduga disebabkan karena adanya penambahan krimer dalam formula produk kopi instan. Krimer yang digunakan pada produk kopi instan formula adalah krimer nabati bubuk yang dibuat dari lemak nabati. Bahan dari lemak nabati ini dapat menyebabkan kadar lemak produk kopi instan menjadi lebih tinggi.

Kadar protein produk kopi instan formula adalah sebesar 3,82%. Pintauro (1975), menyatakan bahwa kadar protein produk kopi instan sebesar 4%. Kadar protein produk kopi instan formula relatif mendekati kadar protein kopi instan umumnya. Produk kopi instan formula terdiri atas campuran berbagai macam bahan. Adanya penambahan bahan-bahan tersebut dapat mempengaruhi kadar protein pada produk. Sebagai contoh, penambahan krimer dan ekstrak jahe yang memiliki kadar protein yang rendah akan menyebabkan kadar protein produk per bobot totalnya turun.

Hasil pengujian mikrobiologi terhadap jumlah mikroorganisme menggunakan metode *total plate count* (TPC) menunjukkan bahwa nilai total mikroorganisme yang tumbuh sebanyak $5,0 \times 10^3$ atau sebanyak 5 koloni/gram produk pada pengenceran 10^{-3} ; sedangkan pada pengujian bakteri *E. coli* menunjukkan tidak terdapat bakteri *E. coli* di dalam produk kopi instan formula ini. Hal ini berarti produk kopi instan tersebut telah memenuhi syarat keamanan pangan ditinjau dari segi jumlah mikroorganisme yang tumbuh. Untuk pertumbuhannya, mikroorganisme membutuhkan kadar air yang berbeda-beda yang dinyatakan dengan nilai aktifitas air atau a_w (Fellow, 2000).

Perubahan Mutu Produk Selama Penyimpanan

Mutu produk pangan termasuk produk kopi instan akan mengalami penurunan selama proses penyimpanan. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi penurunan mutu produk pangan. Floros dan Gnanasekharan (1993) menyatakan terdapat 6 faktor utama yang mengakibatkan terjadinya penurunan mutu atau kerusakan pada produk pangan, yaitu massa oksigen, uap air, cahaya, mikroorganisme, kompresi dan bahan kimia toksik atau *off flavor*. Faktor yang sangat berpengaruh terhadap penurunan mutu produk pangan adalah perubahan kadar air dalam produk.

Kadar Air

Hasil pengujian terhadap kadar air produk kopi instan pada ketiga suhu penyimpanan (30°C, 45°C dan 50°C) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar air produk kopi instan formula selama penyimpanan

Hari ke-	Kadar Air (%)		
	Suhu 30°C	Suhu 45°C	Suhu 50°C
1	4,61	4,61	4,61
8	4,68	4,67	4,70
15	4,81	4,85	5,02
24	4,86	4,98	5,34
30	4,94	5,10	5,67
36	5,25	5,35	5,79
43	5,41	5,63	6,25
51	5,67	5,79	6,44

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai kadar air cenderung meningkat atau terus bertambah selama waktu penyimpanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka tingkat kenaikan kadar air produk juga akan semakin tinggi. Meningkatnya kadar air dapat disebabkan adanya permeabilitas bahan kemasan produk terhadap uap air, sifat bahan yang terdapat pada produk kopi instan beserta bahan lainnya yang higroskopis sehingga cenderung mengadsorpsi uap air dari udara serta tingkat kelembaban udara lingkungan terhadap produk. Kadar air yang terus bertambah dapat menyebabkan kerusakan produk kopi instan formula yang ditandai dengan penggumpalan produk.

Kadar air pada kopi instan sangat diperlukan karena kadar air merupakan karakteristik penting pada kopi instan tersebut. Menurut Clifford (1988), dinyatakan bahwa kadar air pada kopi yang telah disangrai atau kopi instan umumnya mengandung kadar air yang tidak melebihi 4% pada suhu 20°C dan memiliki aktifitas air (a_w) sekitar 0,1-0,3. Dengan demikian, kadar air akan mempengaruhi nilai a_w dan stabilitas produk selama penyimpanan serta merupakan parameter dalam pengawasan proses pengeringan dan ekstraksi kopi. Bahkan kadar air juga digunakan sebagai titik standar mutu pada beberapa negara dan peraturan internasional pada produk kopi instan.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa kadar air berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0,05$ untuk perlakuan suhu penyimpanan dan waktu penyimpanan. Hasil Uji lanjut dengan Duncan terhadap suhu penyimpanan menunjukkan bahwa produk kopi instan formula yang disimpan pada suhu 50°C mempunyai kadar air tertinggi dan berbeda nyata dengan kadar air kedua produk kopi instan lainnya. Hal ini dapat terjadi karena adanya sifat permeabilitas bahan kemasan terhadap uap air. Penggunaan suhu penyimpanan yang berbeda dapat mempengaruhi sifat permeabilitas bahan kemasan. Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka permeabilitas bahan kemasan terhadap uap air akan semakin meningkat. Meningkatnya sifat permeabilitas ini akan membuat semakin banyak uap air dari lingkungan yang melewati bahan kemasan. Sifat produk kopi instan yang higroskopis akan menyebabkan produk menyerap uap air yang telah melewati bahan kemasan tersebut.

Warna Produk Kopi Instan

Hasil pengamatan dan pengujian warna produk kopi instan formula menggunakan Colorimeter memberikan tingkat kecerahan produk (yang dibaca sebagai nilai L) disajikan pada Tabel 3. Dalam hal ini, warna dari suatu obyek dapat diartikan dalam tiga dimensi, yaitu : hue (yang merupakan persepsi konsumen terhadap warna dari suatu obyek, kecerahan dan saturasi/kejenuhan (yang merupakan tingkat kemurnian dari suatu warna). Sedangkan tingkat kecerahan menunjukkan hubungan antara cahaya yang dipantulkan dan

yang diserap dari suatu obyek (Lawlweess dan Heyman, 1999).

Tabel 3. Tingkat kecerahan produk kopi instan formula selama penyimpanan

Hari ke-	Nilai Kecerahan Produk (L)		
	Suhu 30°C	Suhu 45°C	Suhu 50°C
2	54,70	54,70	54,70
8	64,97	67,95	68,82
16	69,54	69,64	68,98
24	65,67	67,40	66,45
30	67,85	68,96	67,36
36	66,28	68,80	67,92
43	66,72	68,78	66,83
51	66,31	66,42	66,76

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa tingkat kerusakan produk kopi instan mengalami peningkatan yang cukup besar pada minggu pertama hingga minggu ketiga; sedangkan pada minggu-minggu berikutnya, laju perubahan tingkat kecerahan produk relatif kecil dengan kecenderungan (trend) menurun. Hasil analisis sidik ragam terhadap warna produk kopi instan formula menunjukkan bahwa warna produk berbeda nyata pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$ untuk parameter perlakuan suhu penyimpanan dan waktu penyimpanan.

Hasil uji lanjut dengan Duncan terhadap suhu penyimpanan menunjukkan tingkat kecerahan produk yang disimpan pada suhu 30°C berbeda nyata dengan produk yang disimpan pada suhu 45°C; sedangkan tingkat kecerahan produk yang disimpan pada suhu 50°C tidak berbeda secara nyata dengan produk yang disimpan pada suhu 45°C. Hasil uji lanjut dengan Duncan terhadap waktu penyimpanan menunjukkan bahwa kecerahan produk mengalami perubahan yang signifikan selama penyimpanan. Tingkat kecerahan produk kopi instan formula akan meningkat pada minggu kedua hingga minggu kelima; sedangkan penyimpanan selanjutnya akan menurunkan tingkat kecerahan produk. Hal ini diduga dapat disebabkan adanya penambahan kadar air pada produk. Peningkatan kadar air tersebut akan menyebabkan produk semakin berwarna kecoklatan sehingga akan menurunkan tingkat kecerahan produk.

Menurut Clydasdale (1998) dinyatakan bahwa warna merupakan atribut mutu utama pada penampakan produk pangan dan merupakan karakteristik penting pada mutunya. Beberapa alasan mengenai keutamaannya adalah warna digunakan sebagai standar dari suatu produk, penggunaannya

sebagai penentu kualitas. Warna juga digunakan sebagai indikator kerusakan biologis dan/atau fisiko-kimia, dan penggunaan warna untuk memprediksi karakteristik parameter lainnya.

Disamping adanya peningkatan kadar air pada produk, reaksi pencoklatan (*browning*) non-enzimatis juga dapat berpengaruh terhadap tingkat kecerahan produk. Singh (1994) dan Shibamoto (1992) menyatakan bahwa reaksi *browning* non-enzimatis adalah salah satu penyebab utama penurunan mutu pada produk pangan. Reaksi ini timbul akibat interaksi antara gula pereduksi dengan asam-asam amino. Reaksi ini dapat mengakibatkan warna yang lebih gelap pada produk-produk kering, sehingga dapat menurunkan tingkat kecerahan produk.

Nilai *Volatile Reducing Substance* (VRS)

Pengujian kadar *volatile reducing substance* (VRS) bertujuan untuk mengetahui dan menunjukkan kandungan senyawa-senyawa volatil yang terdapat pada produk kopi instan formula. Hasil pengamatan dan pengujian terhadap kadar VRS produk kopi instan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kadar VRS produk kopi instan formula selama penyimpanan

Hari ke-	Kadar Volatile Reducing Substance/VRS (Meq/g)		
	Suhu 30°C	Suhu 45°C	Suhu 50°C
8	10,40	9,95	9,47
15	9,70	9,20	8,90
24	9,30	8,85	8,20
30	8,90	8,40	7,65
36	8,40	7,85	7,10
43	7,60	7,10	6,50
50	6,75	6,40	6,10

Berdasarkan data dari Tabel 4 di atas, dapat dilihat bahwa kadar VRS dari produk kopi instan formula cenderung menurun selama selama waktu penyimpanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka tingkat penurunan kadar VRS produk kopi instan formula juga semakin tinggi. Dengan demikian, berdasarkan hal tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa produk kopi instan formula mengandung senyawa-senyawa volatil.

Hasil analisis sidik ragam terhadap kadar VRS pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ menunjukkan bahwa kadar VRS berbeda nyata

untuk parameter perlakuan suhu penyimpanan dan waktu penyimpanan. Hasil uji lanjut dengan Duncan terhadap suhu penyimpanan menunjukkan bahwa produk kopi instan yang disimpan pada suhu 50°C mempunyai kadar VRS terendah dan berbeda nyata dengan kadar VRS pada kedua produk kopi instan formula lainnya yang disimpan pada suhu 45°C dan 30°C. Hal ini dapat terjadi karena adanya sifat mudah menguap bahan volatil yang terdapat pada produk kopi instan yang mengandung jahe tersebut. Penggunaan suhu penyimpanan yang berbeda dapat mempengaruhi terhadap kadar VRS pada produk kopi instan formula. Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka kadar VRS pada produk kopi instan formula akan semakin menurun. Meningkatnya suhu penyimpanan ini akan membuat semakin banyak bahan volatil pada produk kopi instan yang melewati bahan kemasan.

Hasil uji lanjut dengan Duncan terhadap waktu penyimpanan menunjukkan perbedaan kadar VRS secara signifikan terjadi setelah pengamatan dan disimpan pada minggu ketujuh dan kedelapan. Hal ini dapat disebabkan akibat terjadinya penurunan kadar VRS selama masa penyimpanan. Penurunan kadar VRS pada produk kopi instan formula dapat disebabkan karena terjadinya penguapan bahan-bahan volatil yang terkandung pada produk. Semakin lama produk disimpan, maka penguapan bahan-bahan volatil yang dikandungnya akan semakin besar. Hal ini menyebabkan kadar VRS pada produk akan semakin kecil seiring dengan makin lamanya waktu penyimpanan.

Hasil identifikasi Clifford (1988) yang didukung oleh pendapat Shibamoto (1992) dinyatakan bahwa didalam biji kopi terdapat 180 jenis senyawa volatil yang menyebabkan timbulnya aroma kopi. Aroma kopi yang ditimbulkan tersebut terdiri dari kelompok senyawa metoksi pirazin, hidrokarbon alifatik, karbonil, asam-asam volatil, alkohol dan thiol, furan, pirol, piridin, quinolin, fenol, amina aromatik dan senyawa karbonil lainnya (Nebesny dan Budryn, 2006). Lebih lanjut dinyatakan oleh Clifford (1988) bahwa kopi Arabika dengan kopi Robusta memiliki kesamaan, hanya saja kopi Arabika memiliki kandungan senyawa terpen dan rantai aromatik yang lebih banyak.

Uji Sensori Aroma Kopi Instan

Hasil pengujian sensori aroma kopi instan berdasarkan uji hedonik terhadap atribut aroma seduhan kopi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil nilai (skor) uji hedonik rata-rata 15 panelis terhadap atribut aroma seduhan kopi instan formula.

Hari ke-	Nilai (skor) uji hedonik rata-rata panelis		
	Suhu 30°C	Suhu 45°C	Suhu 50°C
2	3,8	3,6	3,5
8	3,6	3,5	3,4
16	3,5	3,4	3,5
24	3,6	3,5	3,4
30	3,5	3,3	3,2
36	3,4	3,1	3,1
43	3,3	3,2	3,0
51	3,2	3,0	2,8

Dari Tabel 5 di atas dapat dilihat bahwa nilai (skor) uji hedonik rata-rata 15 orang panelis terhadap atribut aroma seduhan kopi instan formula cenderung menurun selama waktu penyimpanan. Berdasarkan uji hedonik terhadap atribut aroma seduhan kopi dari seluruh sampel yang telah disimpan hingga hari ke-51 menunjukkan bahwa lamanya penyimpanan berpengaruh terhadap penilaian panelis pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$. Semakin lama sampel kopi instan formula disimpan, maka nilai (skor) hedonik secara rata-rata akan semakin menurun. Disamping itu, semakin tinggi suhu penyimpanan, juga akan menurunkan skor uji hedonik dari penilaian panelis.

Secara umum, nilai (skor) uji hedonik pada sampel yang disimpan pada suhu 30°C cenderung tetap pada kisaran 3,2-3,8 (netral-suka), sedangkan sampel yang disimpan pada suhu penyimpanan 45°C dan 50°C memiliki skor hedonik yang cenderung menurun. Penurunan penilaian panelis terhadap atribut aroma kopi instan formula ini dapat terjadi akibat menguapnya kandungan senyawa-senyawa volatil pada kopi instan formula. Semakin lama penyimpanan dan semakin tinggi suhu penyimpanan, maka akan semakin memperbesar tingkat penguapan senyawa volatil pada kopi instan tersebut.

Lawless dan Heymen (1999) menyatakan bahwa evaluasi dan uji sensori dilakukan terhadap beberapa atribut pada produk pangan, yaitu penampakan, aroma, konsistensi dan tekstur serta rasa. Evaluasi dan uji sensori dapat pula digunakan untuk berbagai tujuan, seperti

pemeliharaan/pengendalian mutu produk, optimasi dan peningkatan mutu produk, pengembangan produk baru dan pendugaan pasar yang potensial, namun bergantung pada jenis pengujian yang digunakan (Meilgard *et al.*, 1999).

Penentuan Parameter Kritis dan Titik Kritis Mutu Produk

Penyimpanan bahan pangan (termasuk produk kopi instan formula) pada kondisi lingkungan tertentu akan menyebabkan terjadinya perubahan pada bahan pangan tersebut sebagai akibat proses penyesuaian terhadap kondisi lingkungan. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan pada produk pangan tersebut menjadi dasar dalam menentukan titik kritis masa simpan (Herawati, 2008). Dalam penelitian pendugaan masa simpan kopi instan ini, penentuan parameter kritis ditetapkan berdasarkan pada penurunan mutu produk selama waktu penyimpanan. Beberapa parameter yang diamati, yaitu kadar air, warna kopi instan dan warna seduhan kopi instan yang dihasilkan. Dalam hal ini, parameter kritis produk ditentukan atas dasar perubahan mutu selama penyimpanan yang paling cepat menyebabkan kerusakan produk.

Dari hasil pengamatan selama masa penyimpanan, ternyata secara umum kadar air produk kopi instan mengalami peningkatan. Produk yang disimpan pada suhu 30°C; terjadi peningkatan dari 4,61% menjadi 5,67%. Sedangkan produk yang disimpan pada suhu 45°C mengalami peningkatan kadar air dari 4,61% menjadi 5,79%. Peningkatan juga terjadi pada produk kopi instan formula yang disimpan pada kondisi suhu 50°C, yaitu dari kadar air 4,61% menjadi 6,44%.

Pengamatan terhadap parameter warna kopi instan formula menunjukkan bahwa nilai derajat kecerahan warna produk cenderung tetap atau tidak berubah selama masa penyimpanan. Peningkatan tingkat kecerahan produk terjadi pada penyimpanan produk dari minggu pertama ke minggu ketiga; sedangkan pada penyimpanan di minggu-minggu berikutnya menunjukkan tingkat kecerahan produk kopi instan formula yang relatif tetap. Pengamatan terhadap warna seduhan kopi instan pun menunjukkan bahwa warna seduhan kopi instan cenderung mengalami sedikit penurunan.

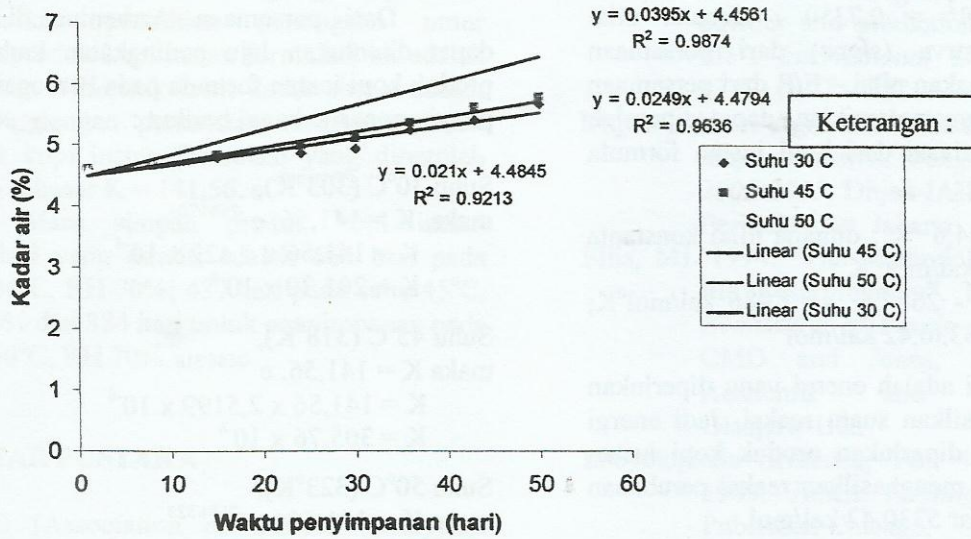
Berdasarkan hasil pengamatan terhadap ketiga parameter perubahan mutu kopi instan formula selama delapan minggu, maka kadar air merupakan parameter mutu yang digunakan sebagai parameter kritis produk. Hal ini berdasarkan pada nilai kadar air yang selalu mengalami peningkatan selama masa penyimpanan; sedangkan nilai parameter mutu lainnya relatif tetap. Disamping itu, penambahan kadar air akan lebih cepat menyebabkan kerusakan dibandingkan jika menggunakan parameter lainnya yang nilainya cenderung konstan. Produk kopi instan formula yang berbentuk bubuk mempunyai sifat yang mudah menyerap air. Penambahan kadar air yang terjadi secara terus menerus akan menyebabkan kadar air pada produk kopi instan mencapai titik kritisnya, yaitu terjadinya penggumpalan sehingga produk kopi instan tersebut ditolak oleh konsumen.

Penggunaan kadar air sebagai parameter mutu kritis, akan memberikan kadar air kritis sebagai titik kritis mutu produk. Penentuan kadar air kritis dilakukan uji organoleptik. Produk yang pertama kali ditolak oleh lebih dari 50% panelis dinyatakan sebagai produk kopi instan yang telah mengalami kerusakan (Gacula dan Singh, 1984; Cardelli dan Labuza, 2001); lalu dianalisis nilai kadar airnya. Kadar air yang didapatkan dinyatakan sebagai kadar air kritis produk. Berdasarkan hasil uji organoleptik, diketahui bahwa kadar air kritis produk kopi instan formula sebesar 17,98%.

Pendugaan Umur Simpan Metode Akselerasi Model Arrhenius

Pengujian yang dilakukan pada metode akselerasi, menggunakan parameter kadar air. Pada model Arrhenius, suhu merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap perubahan mutu produk pangan. Akselerasi suhu dilakukan pada berbagai tingkatan suhu di atas suhu ruang (30°C) bertujuan untuk mempercepat tercapainya nilai kadar air kritis.

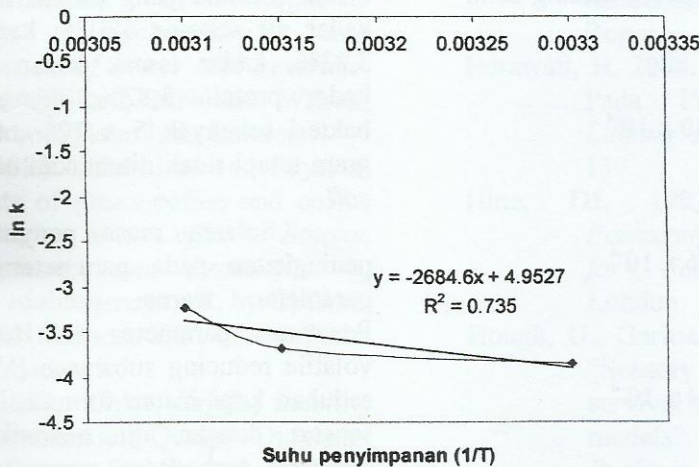
Berdasarkan hasil pengamatan dan penentuan parameter kritis kadar air produk, maka diperoleh bahwa kadar air kritis produk kopi instan formula sebesar 17,98%. sedangkan hasil analisis regresi linier dari hubungan antara waktu penyimpanan dan peningkatan kadar air pada masing-masing suhu penyimpanan 30°C, 45°C dan 50°C disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Regresi linier penambahan kadar air produk kopi instan formula yang disimpan pada suhu 30°C, 45°C dan 50°C.

Dari hasil penelitian (Gambar 1), terlihat adanya kecenderungan peningkatan nilai kadar air setiap selang waktu pengukuran pada semua tingkatan suhu penyimpanan. Berdasarkan Gambar 1 tersebut diperoleh persamaan garis lurus masing-masing suhu penyimpanan sebagai berikut : (1) untuk suhu 30°C, maka diperoleh persamaan kurva regresi $Y = 0,0210 x + 4,4845$ dan $R^2 = 0,9213$; Untuk suhu 45°C diperoleh persamaan $Y = 0,0249 x + 4,4794$ dan $R^2 = 0,9636$; sedangkan untuk suhu 50°C diperoleh persamaan $Y = 0,0395 x + 4,4561$ dan $R^2 = 0,9874$. Selanjutnya dari

ketiga persamaan regresi linier tersebut akan diperoleh nilai *slope* (kemiringan) atau nilai K pada masing-masing suhu penyimpanan, yaitu $K_1 = 0,0210$ untuk suhu 30°C, dan $\ln K_1 = -3,863$; $K_2 = 0,0249$ untuk suhu 45°C dan $\ln K_2 = -3,693$ serta $K_3 = 0,0395$ untuk suhu 50°C dan $\ln K_3 = -3,231$. Kemudian dibuat plot Arrhenius dengan nilai $\ln K$ sebagai ordinat (sumbu Y) dan nilai $1/T$ dalam derajat Kelvin sebagai absis (sumbu X). Hasil plot Arrhenius dari kopi instan formula yang diteliti disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara nilai (1/T) dengan nilai ln K produk kopi instan formula

Berdasarkan analisis regresi linier terhadap grafik hubungan $1/T$ dengan $\ln K$ didapat persamaan garis $Y = -2684,6x + 4,9527$ dan $R^2 = 0,7350$; dimana nilai kemiringan kurva (*slope*) dari persamaan tersebut merupakan nilai $-E/R$ dari persamaan Arrhenius. Dengan demikian, dapat diperoleh nilai energi aktivasi dari kopi instan formula sebagai berikut:

- $E/R = -2684,6 \text{ }^\circ\text{K}$; dimana nilai konstanta gas $R = 1.986 \text{ kal/mol.}^\circ\text{K}$;
maka $-E = -2684,6 \times 1.986 \text{ kal/mol}^\circ\text{K}$;
sehingga $E = 5330,42 \text{ kal/mol}$

Energi aktivasi adalah energi yang diperlukan untuk menghasilkan suatu reaksi. Jadi energi minimal yang diperlukan produk kopi instan formula untuk menghasilkan reaksi perubahan kadar air sebesar $5330,42 \text{ kal/mol}$.

Nilai perpotongan kurva (*intersep*) dengan sumbu Y merupakan nilai $\ln K_0$ dari persamaan Arrhenius. Hasil perhitungan memberikan nilai perpotongan kurva (*intersep*) dengan sumbu Y sebesar $4,9527$ sehingga $\ln K_0 = 4,9527$ dan nilai $K_0 = 141,56$.

Dengan demikian, berdasarkan nilai E/R dan K_0 yang telah diperoleh, maka persamaan Arrhenius untuk laju peningkatan kadar air pada produk kopi instan formula adalah:

$$K = K_0 \cdot e^{-E/RT}$$

$$K = 141,56 \cdot e^{-2684(1/T)}$$

Dari persamaan Arrhenius di atas, dapat ditentukan laju peningkatan kadar air produk kopi instan formula pada berbagai suhu penyimpanan sebagai berikut:

Suhu 30°C (303°K),
maka $K = 141,56 \cdot e^{-2684/303}$
 $K = 141,56 \times 1,422 \times 10^{-4}$
 $K = 201,30 \times 10^{-4}$

Suhu 45°C (318°K),
maka $K = 141,56 \cdot e^{-2684/318}$
 $K = 141,56 \times 2,5199 \times 10^{-4}$
 $K = 305,76 \times 10^{-4}$

Suhu 50°C (323°K),
maka $K = 141,56 \cdot e^{-2684/323}$
 $K = 141,56 \times 2,4614 \times 10^{-4}$
 $K = 348,44 \times 10^{-4}$

Dengan menggunakan persamaan Arrhenius ordo reaksi pertama dan hasil nilai laju peningkatan kadar air dari produk kopi instan formula yang diteliti, maka penentuan umur simpan produk kopi instan formula dapat dihitung dengan persamaan:

$$t \text{ (umur simpan)} = \frac{(\text{Nilai kad. air kritis} - \text{Nilai kad. air awal})}{\text{Laju peningkatan kadar air}}$$

Sehingga dengan menggunakan nilai kadar air kritis sebesar $17,98\%$ dan nilai kadar air awal sebesar $4,61\%$, maka umur simpan produk kopi instan formula pada masing-masing suhu penyimpanan adalah:

Suhu 30°C (303°K):
 $t = (17,98\% - 4,61\%) / 201,30 \times 10^{-4}$
 $t = 664 \text{ hari.}$

Suhu 45°C (318°K):
 $t = (17,98\% - 4,61\%) / 305,76 \times 10^{-4}$
 $t = 437 \text{ hari.}$

Suhu 50°C (323°K):
 $t = (17,98\% - 4,61\%) / 348,44 \times 10^{-4}$
 $t = 384 \text{ hari.}$

KESIMPULAN

Karakteristik mutu awal produk kopi instan formula yang diteliti mempunyai nilai kadar air sebesar $4,61\%$; kadar abu sebesar $3,23\%$, kadar lemak kasar sebesar $4,71\%$, kadar protein $3,82\%$; mengandung jumlah bakteri sebanyak 5×10^3 atau 5 koloni per gram tetapi tidak ditemukan adanya bakteri *E. coli*.

Selama masa penyimpanan, terjadi peningkatan pada parameter kadar air dan parameter warna produk kopi instan. Penurunan parameter mutu terjadi pada nilai volatile reducing substance (VRS) dan aroma seduhan kopi instan formulasi. Hasil evaluasi sensori dengan uji hedonik menunjukkan terdapat perbedaan secara nyata terhadap atribut aroma seduhan kopi yang disimpan pada suhu 30°C ; 45°C dan 50°C . Pada suhu

penyimpanan 45°C dan 50°C menunjukkan skor hedonik yang cenderung menurun.

Parameter kritis yang digunakan berdasarkan penelitian pendugaan umur simpan produk kopi instan formulasi ini adalah kadar air. Nilai titik kritis kadar airnya adalah 17,98% dengan persamaan Arrhenius untuk produk kopi instan formulasi yang diperoleh adalah sebesar $K = 141,56 \cdot e^{-2684(1/T)}$.

Masa simpan produk kopi instan formulasi yang diteliti adalah 664 hari pada suhu 30°C, RH 70%; 437 hari pada suhu 45°C, RH 70% dan 384 hari untuk penyimpanan pada suhu 50°C, RH 70%.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC [Association of Official Analytical Chemist] 1995. *Official Methods of Analysis of the AOAC*, 16th Ed. AOAC, Arlington - Washington, DC.
- Arpah, M. 2001. "Penentuan Kadaluwarsa Produk Pangan". *Buku dan Monograf Penentuan Kadaluwarsa Produk*. Program Studi Ilmu Pangan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- BSN [Badan Standardisasi Nasional]. 1992. *SNI. 01-2983-1992 : Kopi Instan*. BSN, Jakarta.
- Cardelli, C. and Labuza, TP. 2001. "Application of Weibull hazard analysis to determination of the shelf life of roasted and ground coffee". *Lebensmittel-Weissenschaft und Technologie*, 34 : 273 – 278.
- Clarke, RJ. 1988. "International Standardisation". In : *Coffee : Botany, Biochemistry and Production of beans and beverage*, ed. by Clifford, MN and Wilson, KC. Croom Helm Ltd., London.
- Clifford, MN. 1988. "Chemical and Physical Aspects of green coffee and coffee products" In : *Coffee : Botany, Biochemistry and Production of beans and beverage*, ed. by Clifford, MN and Wilson, KC. Croom Helm Ltd., London.
- Clysdale, FM. 1998. "Color, Origin, Stability Measurement and Quality. Didalam : *Food Storage Stability*, ed. by Taub, IA and Singh, RP. CRC Press, New York.
- Dattatreya, A., Erzel, MR and Rankier, SA. 2007. "Kinetic of browning during accelerated storage of sweet of whey powder and prediction of its shelf-life". *International Dairy Journal*, 17 (2) : 177 – 182.
- Ditjen Industri Agro dan Kimia. 2007. *Road Map Industri Pengolahan Kopi 2005-2025*. Ditjen IAK, Departemen Perindustrian, Jakarta.
- Ellis, MJ. 1994. "The Methodology of Shelf-life Determination". In : *Shelf-life Evaluation of Foods*, ed. by Mann, CMD and Jones, AA. Blackie Academic and Professional, Glasgow-UK.
- Encyclopedia Britanica, Vol. 4., 15th Edition. 1983. *Helen Hemingway*. Benton Publisher, Chicago.
- Fellows, P. 2000. *Food Processing Technology : Principles and Practice*. Woodhead Publish., Ltd. Cambridge, UK.
- Floros, JD and Gnanasekharan, V. 1993. *Shelf Life Prediction of Package Foods : Chemical, Biological, Physical and Nutritional Aspects*, ed. by Chloralambous, G. Elsevier Publ., London.
- Gacula, MC and Singh, J. 1984. *Statistical Methods in Food and Consumer Research*. Academic Press, New York.
- Hariyadi, P. 2004. *Prinsip Penetapan dan Pendugaan Masa Kadaluwarsa dan Upaya-upaya Memperpanjang Masa Simpan*. Pelatihan Pendugaan Waktu Kadaluwarsa (*Shelf-life*). Bogor, 1-2 Desember 2004. Pusat Studi Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Herawati, H. 2008. "Penentuan Umur Simpan Pada Produk Pangan". *Jurnal Litbang Pertanian*, 27 (4) : 124 – 130.
- Hine, DJ. 1997. *Modern Processing, Packaging and Distribution System for Food*. Blackie Academic, London.
- Hough, G., Garitta, L. and Gomez, G. 2006. "Sensory shelf life predictions by survival analysis accelerated storage models". *Food Quality and Preference*, 17 : 468 – 473.

- Institute of Food Science and Technology. 1974. "Shelf-life of Foods". *J. Food Sci.* 39 : 861 – 865.
- Labuza, TP. 1982. *Open Shelf-Life Dating of Foods*. Food Sci. and Nutrition Press, Inc. Westport, Connecticut – USA.
- Lawless, HT and Heymen, H. 1999. *Sensory Evaluation of Food : Principles and Practices*. Kluwer Academic Publisher, New York.
- Maria, GC and Peleg, M. 2007. "Shelf-life Estimation from Accelerated Data". *Trend In Food Sci. and Technol.* 18 : 37 – 47.
- Meilgaard, M. , Civille, GV and Carr, BT. 1999. *Sensory Evaluation Techniques*, 3rd Edition. CRC Press. New York.
- Nebesny, E. and Budryn, G. 2006. "Evaluation of sensory attributes of coffee brews from Robusta coffee roasted under different conditions". *J. European Food Res. and Technol.*, Vol. 224 No. 2 : 159 – 165.
- Pintauro, ND. 1975. *Coffee Solubilization Commercial Process and Techniques*. Noyes Data Corporation. New Jersey.
- Rahayu, WP, Nababan, H. ; Budiyanto, S. and Syah, D. 2003. *Pengemasan, Penyimpanan dan Pelabelan*. Badan POM, Jakarta.
- Resurreccion, AVA. 1998. *Consumer Sensory Testing for Product Development*. An Aspen Publisher, Inc. Gaithersburg, Maryland – USA.
- Robertson, GL. 1993. *Food Packaging : Principles and Practice*, 1st Edition. Marcell Dekker. New York.: p. 339 – 344.
- Shibamoto, T. 1992. "An overview of coffee Aroma and Flavour Chemistry". *Colom. Sci. International Coffee*, 14th : p. 107 – 108.
- Singh, RP. 1994. "Scientific Principles of Shelf-Life Evaluation". In : *Shelf-life Evaluation of Foods*, ed. by Mann, CMD and Jones, AA. Blackie Academic and Professional, Glasgow-UK.
- Smith, AW. 1989. *Introduction in Coffee*, Vol. 1 : Chemistry. Ed. by Clarke, RJ and Macrae, R. Elsevier Applied Sci., London.
- Stollman, U., Johassan, F. and Leufven, A. 2000. "Shelf-life Evaluation of Foods". In : *Packaging and Food Quality*, Ed. by Mann, CMD and Jones, AA, Aspen Publishers, Maryland : p. 44-45.
- Volk, W. 1979. *Applied Statistic for Engineers*, 2nd Edition. Mc.Graw Hill Book Company, New York.
- Zanoni, B., Pagliarini, E.; Giovanelli, G. and Lavelli, V. 2001. "Modelling the effects of thermal sterilization on the quality of tomato puree". *J. Food Eng.*, 56 : 203 – 206.