

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 8, Nomor 1, Maret 2021

**PENGUJIAN UMUR SIMPAN KOPI ARABIKA BUBUK PADA JENIS KEMASAN
DAN SUHU SIMPAN YANG BERBEDA**

*THE SHELF LIFE TEST OF GROUND ARABICA COFFEE IN DIFFERENT PACKAGING TYPES
AND STORAGE TEMPERATURES*

* Elsera Br Tarigan, Edi Wardiana, Handi Supriadi

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon Km 2, Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia
* elseraborutarigan@gmail.com

(Tanggal diterima: 1 Maret 2021, direvisi: 23 Maret 2021, disetujui terbit: 30 Maret 2021)

ABSTRAK

Kopi merupakan minuman penyegar yang banyak dikonsumsi masyarakat dunia. Untuk meningkatkan umur simpan kopi bubuk, maka diperlukan teknik pengemasan yang baik dan suhu simpan yang optimal. Penelitian bertujuan menganalisis umur simpan kopi Arabika bubuk yang disimpan pada jenis kemasan dan suhu yang berbeda. Penelitian dilakukan di kebun kopi rakyat di Kabupaten Garut dan di Laboratorium Terpadu, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, mulai Juni sampai Agustus 2018. Rancangan yang digunakan adalah acak lengkap pola faktorial 3 faktor, diulang 2 kali. Faktor pertama adalah jenis kemasan yang terdiri dari 3 taraf: kemasan aluminium foil tebal 65 μ (AF65), kemasan aluminium foil tebal 130 μ (AF130), dan kemasan laminasi tebal 144 μ (L144). Faktor kedua adalah suhu penyimpanan yang terdiri dari 3 taraf: 25 °C, 35 °C, dan 45 °C, dan faktor ketiga adalah lama penyimpanan yang terdiri dari 5 taraf: kopi tanpa disimpan dan disimpan 2 minggu, 4 minggu, 6 minggu, dan 8 minggu. Peubah yang diamati adalah kadar air dan kadar lemak, serta analisis umur simpan menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Test*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama penyimpanan terjadi peningkatan kadar air dan penurunan kadar lemak kopi. Kadar lemak merupakan peubah kritis dalam menentukan umur simpan kopi. Umur simpan kopi yang dikemas AF130 lebih lama dibandingkan dengan AF65 dan L144. Untuk meningkatkan umur simpannya, maka kopi yang dikemas dengan AF130 dan L144 sebaiknya disimpan pada suhu 45 °C, sedangkan yang dikemas dengan AF65 sebaiknya disimpan pada suhu 25 °C.

Kata kunci: ASLT; energi aktivasi, kadar air; kadar lemak; persamaan Arrhenius

ABSTRACT

Coffee is a beverage that is widely consumed around the world. Proper packaging and storage temperature may extend shelf life of ground coffee. The study aimed to analyze the shelf life of ground Arabica coffee stored in different packaging types and temperature, conducted at smallholder coffee plantations in Garut Regency and the Integrated Laboratory of Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute, Sukabumi, from June to August 2018. A completely randomized design in factorial was used with 3 factors and 2 replications. The first factor was the packaging type which consisted of 3 types: thick aluminium foil 65 μ (AF65), thick aluminium foil 130 μ (AF130), and thick lamination 144 μ (L144). The second factor was the storage temperature which consisted of 3 levels: 25 °C, 35 °C, and 45 °C, while the third factor was the storage period which consisted of 5 levels: coffee unstored, and coffee stored for 2 weeks, 4 weeks, 6 weeks, and 8 weeks. The variables observed were the water and fat content, and the analysis of shelf life was carried out using the ASLT (Accelerated Shelf Life Test) method. The results showed that during storage, the water

content increased, whereas the fat content decreased. Fat content is a critical variable in determining the shelf life of coffee. The coffee in AF130 packaging has longer shelf life than in AF65 and L144. To extend the shelf life of coffee packaged in AF130 and L144 is best kept at 45 °C whereas coffee in AF65 packaging is ideally at 25 °C.

Keywords: Activation energy; Arrhenius equation; ASLT; fat content; water content

PENDAHULUAN

Kopi dikenal sebagai minuman dari kelompok bahan penyegar dan hingga saat ini banyak dikonsumsi di dunia. Sejak tahun 2017/2018 sampai 2020/2021 konsumsi kopi di tingkat dunia meningkat sekitar 1,1% (Internattional Coffee Organization, 2021). Atribut sebagai minuman penyegar tentunya harus dipertahankan sedemikian rupa oleh pihak produsen agar kopi tetap menjadi produk minuman pilihan para konsumen.

Penyimpanan kopi yang kurang tepat sangat kritikal dalam industri perkopian yang berpotensi menurunkan mutu kopi. Stabilitas dan lama simpan kopi sangat dipengaruhi faktor dalam (intrinsik) dan luar (ekstrinsik). Faktor intrinsik meliputi luas permukaan bahan, bahan tambahan lain, suhu, aktifitas air, pH, formulasi dan sebagainya. Adapun faktor ekstrinsik meliputi tekanan, suhu, kelembaban relatif, tekanan parsial oksigen, dan cahaya (Manzocco, Calligaris, Anese, & Nicoli, 2016). Upaya pengelolaan kedua faktor tersebut sangat penting dalam mempertahankan mutu kopi bubuk selama mungkin.

Kemasan merupakan salah satu faktor dalam proses pengolahan yang memegang peranan penting untuk mempertahankan kesegaran kopi. Bahan kemasan yang cocok untuk kopi harus memiliki permeabilitas oksigen yang baik dan mampu menahan tinta label (Kiyoi, 2010). Salah satu permasalahan dalam teknik pengemasan kopi adalah terjadinya proses pengembangan. Dikemukakan bahwa teknologi pengemasan yang dimanfaatkan untuk mengatasi gas yang keluar dari biji kopi selama penyimpanan adalah kemasan yang berkatup satu arah (Poltronieri & Rossi, 2016). Kemasan seperti ini dapat mengeluarkan gas CO₂ secara perlahan selama penyimpanan, namun gas dari luar tidak dapat masuk ke dalam produk (Cowell, 2018). Saat ini terdapat beragam bahan kemasan yang berkembang di pasaran, tetapi pada umumnya kemasan tersebut terbuat dari bahan aluminium, LDPE (*low density polyethylene*), PET (*polyethylene terephthalate*), dan PP (*polypropylene*) (Kiyoi, 2010). Terdapat juga kemasan laminasi yang merupakan perpaduan dari beberapa lapisan kemasan. Laminasi merupakan salah satu alternatif teknik pengemasan produk dengan tujuan untuk meningkatkan ketahanan kemasan terhadap air, uap, dan/atau tekanan melalui pemberian lapisan film

plastik ke lembaran kertas, tenun, dan lain sebagainya (Zafrina, 2012).

Penggunaan berbagai jenis bahan kemasan untuk kopi Arabika bubuk dan dikombinasikan dengan perlakuan suhu penyimpanannya diduga akan menghasilkan umur simpan kopi yang berbeda-beda, seperti hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Landge, Chavan, Kulkarni, & Khedkar (2009); Abong, Okoth, Imungi, & Kabira (2011a); Abong, Okoth, Imungi, & Kabira (2011b); Adetunji & Chen (2011); Holper, Buffon, Ebeler, & Heymann (2013); Sualeh, Daba, Kiflu, & Mohammed (2016); Kamau *et al.* (2017); Hadadinejad, Ghasemi, & Mohammadi (2018); dan Martínez, Schvezov, Brumovsky, & Román (2018).

Untuk mengevaluasi lamanya umur simpan kopi bubuk, dapat dilakukan melalui penelusuran jumlah mikrobia, perubahan komponen dan konsentrasi molekul bioaktif, ataupun dari persepsi maupun penolakan konsumen (Manzocco, Calligaris, Anese, & Nicoli, 2016). Salah satu metode yang dapat digunakan dalam perhitungan umur simpan suatu produk, termasuk di dalamnya kopi, adalah metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Tests*) yang didasarkan pada pola perubahan parameter mutu secara linier terhadap lama waktu simpan (Nicoli, Manzocco, & Calligaris, 2013; Tušek, Benković, & Bauman, 2015; Arif, 2016; Benković & Tušek, 2018).

Kadar air, dan juga kadar lemak yang merupakan bagian dari lipid, adalah sebagian dari komponen bioaktif yang dijadikan sebagai parameter penting dalam menilai mutu kopi bubuk (Alpizar, Vaast, & Bertrand, 2004; Speer & Kölling-Speer, 2006; Toci, Neto, Torres, & Farah, 2013; Gichimu, Gichuru, Mamati, & Nyende, 2014). Kadar air yang berlebihan akan dapat mempercepat laju reaksi hidrolisis yang dapat mempercepat penurunan mutu kopi. Menurut SNI 01-3542-2004 tentang kopi bubuk, kadar air maksimum untuk kopi Arabika adalah sebesar 7% (Badan Standardisasi Nasional, 2004). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis umur simpan kopi Arabika bubuk yang disimpan dengan jenis kemasan dan suhu yang berbeda didasarkan pada perubahan kadar air dan lemak selama penyimpanan.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni sampai Agustus 2018, bertempat di Laboratorium Terpadu, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) dan perkebunan kopi rakyat di Desa Pangauban, Kecamatan Cisurupan, Kabupaten Garut, Jawa Barat.

Bahan

Buah kopi yang digunakan adalah kopi Arabika kultivar Sigarar Utang yang diperoleh dari kebun petani di Desa Pangauban, Kecamatan Cisurupan, Kabupaten Garut. Bahan pengemas kopi Arabika bubuk terdiri atas kemasan aluminium foil dengan ketebalan 65 μ tanpa katup (AF65), aluminium foil dengan ketebalan 130 μ tanpa katup (AF130), dan kemasan laminasi dengan ketebalan 144 μ (*polyethylene* 80 μ + *metalize* 12 μ + kertas kraft 52 μ) berkatup (L144). Bahan kimia yang digunakan meliputi aquades, CaCO₃, kloroform dan heksana.

Preparasi dan Penyimpanan Sampel

Kopi hasil panen "petik merah" diolah dengan cara basah melalui tahapan *pulping*, fermentasi, pencucian dan pengeringan di bawah sinar matahari hingga kadar air <12% mengacu pada SNI 01-2907-2008 (Badan Standardisasi Nasional, 2008). Kopi gabah kering dihilangkan lapisan *endocarp* dan kulit peraknya menggunakan huller sehingga dihasilkan kopi beras. Kopi beras disangrai dengan alat/mesin sangrai pada suhu 180 °C selama 15 menit. Biji kopi sangrai kemudian digiling sehingga dihasilkan bubuk kopi dengan ukuran 24 mesh, ditimbang masing-masing 100 g dan dimasukkan ke dalam tiga jenis kemasan yaitu AF65, AF130, dan L144. Bubuk kopi yang telah dikemas kemudian disimpan pada tiga suhu yaitu suhu 25 °C (dalam inkubator) serta suhu 35 °C dan 45 °C (dalam oven) selama 8 minggu. Kelembaban relatif (RH) di sekitar ruang simpan sekitar 85% - 95%.

Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial, 3 faktor. Faktor pertama adalah jenis kemasan (JK) yang terdiri dari 3 jenis, yaitu: kemasan AF65, AF130, dan L144. Faktor kedua adalah suhu penyimpanan (SP) yang terdiri dari 3 taraf, yaitu: 25 °C, 35 °C, dan 45 °C. Faktor ketiga adalah lama penyimpanan (LP) yang terdiri dari 5 taraf, yaitu: tanpa disimpan (0 minggu), disimpan 2 minggu, 4 minggu, 6 minggu, dan 8 minggu.

Peubah yang diamati adalah kadar air dan lemak yang dilakukan pada sampel masing-masing

sebanyak 5 g dengan 2 kali ulangan, sehingga jumlah total satuan percobaan ini adalah 3x3x5x2 =90 unit. Kadar air diukur menggunakan metode gravimetri dan dengan perhitungan selisih bobot awal dengan bobot akhir setelah dikeringkan dengan oven sampai bobot yang konstan (Badan Standardisasi Nasional, 2008), sedangkan kadar lemak ditetapkan melalui metode Soxlet (AOAC, 1995).

Penentuan umur simpan dilakukan dengan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Test*) melalui pendekatan regresi linier (persamaan 1) dan persamaan Arrhenius (persamaan 2). Umur simpan ditentukan melalui persamaan (3), sedangkan untuk mengukur besarnya peningkatan energi aktivasi setiap peningkatan suhu sebesar 10 °C digunakan persamaan (4) (Nicoli *et al*, 2013; Tušek *et al*, 2015; Arif, 2016; Benković & Tušek, 2018).

$$Y = a + bX \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

Y = peubah mutu yang diukur

X = waktu simpan

b = kemiringan (*slope*)

a = intersep

$$\ln K = \ln K_0 - E_a/R(1/T) \dots\dots\dots(2)$$

$$U_s = (y_o - y_t)/KT \dots\dots\dots(3)$$

$$Q_{10} = e^{E_a(T1-T2)/RT1T2} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

K = konstanta penurunan suhu

K₀ = konstanta (tidak bergantung pada suhu)

E_a = energi aktivasi (kalori/mol)

T = suhu mutlak (K)

R = konstanta gas (1,986 kal/mol)

U_s = umur simpan

y_o = nilai peubah mutu pada perlakuan tanpa penyimpanan

y_t = nilai peubah mutu pada perlakuan penyimpanan t-waktu

Q₁₀ = kenaikan kalori setiap peningkatan suhu 10 °C

T1 = suhu ke-1 (°C)

T2 = suhu ke-2 (°C)

Tahapan-tahapan analisis data untuk menentukan umur simpan kopi Arabika bubuk adalah sebagai berikut:

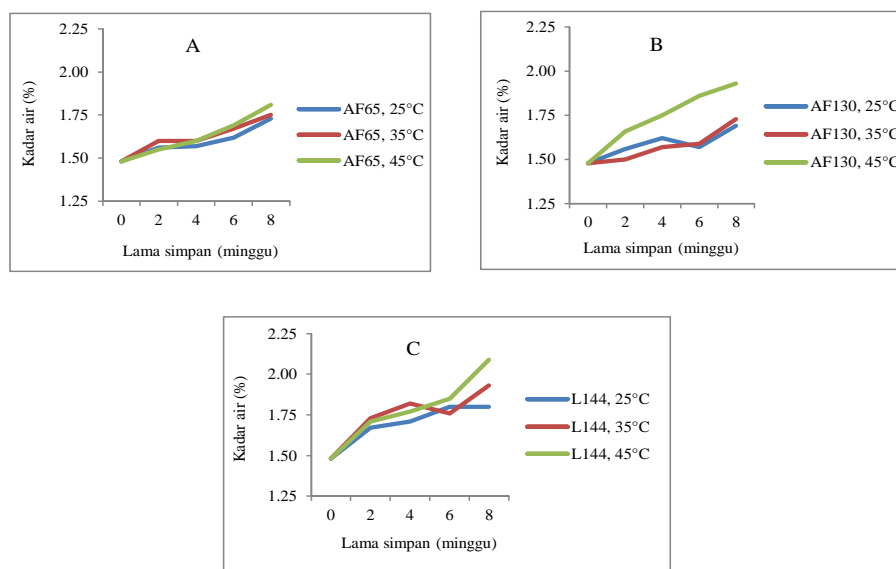
1. Melakukan analisis regresi linier antara lama simpan sebagai peubah bebas (X) dengan kadar air dan kadar lemak sebagai peubah tak bebas (Y) sesuai dengan persamaan (1), dan regresi ini merupakan regresi Ordo 0. Adapun untuk regresi Ordo 1 dilakukan dengan data-data yang telah di Ln-kan (log naturalkan).
2. Memilih regresi Ordo 0 atau 1 berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2). Ordo reaksi yang terpilih adalah yang memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) lebih besar.
3. Melakukan analisis regresi antara data $1/T$ sebagai peubah bebas dengan data Ln K (K = nilai kemiringan yang diperoleh dari regresi pada poin 1 dan 2) sebagai peubah terikat. Persamaan regresi ini merupakan persamaan Arrhenius seperti yang tercantum pada persamaan (2).
4. Mengukur besarnya nilai satuan penurunan mutu (K_x) dan besarnya energi aktivasi (E_a) sebagai akibat proses penyimpanan dengan menggunakan persamaan (2), serta menentukan lamanya umur simpan melalui penggunaan persamaan (3). Adapun untuk mengukur besarnya nilai E_a untuk setiap peningkatan suhu $10\text{ }^\circ\text{C}$ maka digunakan persamaan (4).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Kadar Air dan Lemak Selama Penyimpanan

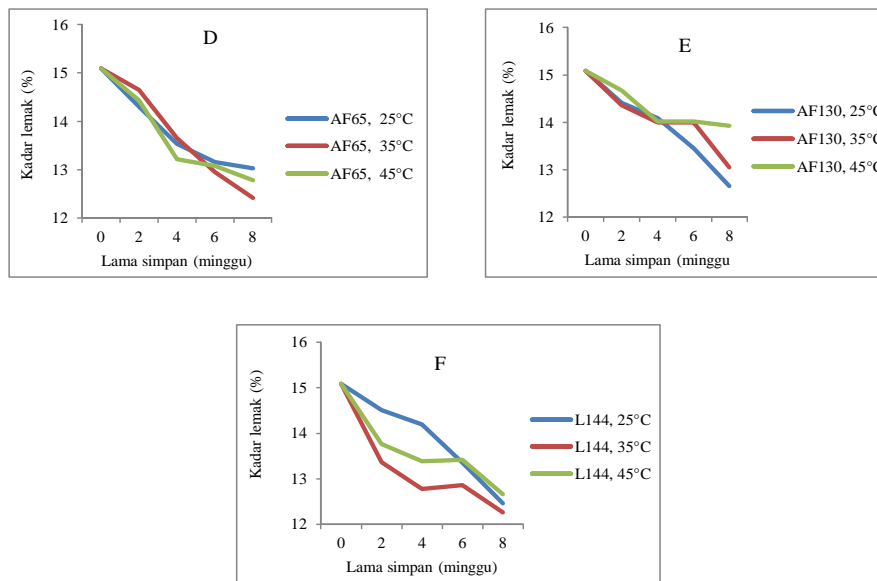
Hasil pengamatan terhadap kadar air dan lemak kopi bubuk selama 8 minggu penyimpanan menunjukkan adanya peningkatan kadar air dan penurunan kadar lemak. Adanya garis yang saling berpotongan pada saat terjadinya perubahan kadar air dan lemak selama penyimpanan menunjukkan adanya efek interaksi antara ketiga jenis kemasan dengan ketiga suhu simpan yang menjadi perlakuan dalam percobaan ini (Gambar 1 dan 2). Efek interaksi ini menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan ketiga jenis kemasan (JK) terhadap proses perubahan kadar air dan lemak kopi Arabika bubuk dipengaruhi juga oleh tinggi-rendahnya suhu penyimpanan (SP). Adanya interaksi antara JK dengan SP ini dikemukakan juga oleh Landge *et al.* (2009); Abong *et al.* (2011a); Abong *et al.* (2011b); Adetunji & Chen (2011); Holper *et al.* (2013); Sualeh *et al.* (2016); Kamau *et al.* (2017); Hadadinejad *et al.* (2018); dan Martínez *et al.* (2018).

Atas dasar pernyataan di atas, maka dalam analisis berikutnya, yaitu analisis untuk mengukur energi aktivasi dan umur simpan produk kopi Arabika bubuk, akan dilakukan terhadap efek interaksi antar kedua perlakuan tersebut (JK x SP). Langkah awal dalam pengukuran energi aktivasi dan umur simpan kopi Arabika bubuk melalui metode ASLT adalah analisis regresi antara lama simpan dengan kadar air dan lemak kopi pada masing-masing perlakuan JK x SP.



Gambar 1. Peningkatan kadar air kopi Arabika bubuk yang disimpan selama 8 minggu pada kemasan AF65 (A), AF130 (B), dan L144 (C) dengan suhu masing-masing $25\text{ }^\circ\text{C}$, $35\text{ }^\circ\text{C}$, dan $45\text{ }^\circ\text{C}$

Figure 1. Increasing of water content of ground Arabica coffee stored for 8 weeks in packs of AF65 (A), AF130 (B), and L144 (C) with temperatures of $25\text{ }^\circ\text{C}$, $35\text{ }^\circ\text{C}$, and $45\text{ }^\circ\text{C}$ respectively



Gambar 2. Penurunan kadar lemak kopi Arabika bubuk yang disimpan selama 8 minggu pada kemasan AF65 (D), AF130 (E), dan L144 (F) dengan suhu masing-masing 25 °C, 35 °C, dan 45 °C

Figure 2. Decreasing of fat content of ground Arabica coffee stored for 8 weeks in packs of AF65 (D), AF130 (E), and L144 (F) with temperatures of 25 °C, 35 °C, and 45 °C respectively

Analisis umur simpan suatu produk dengan metode ASLT didasarkan pada adanya regresi linier antara mutu produk tertentu (dalam hal ini kadar air dan lemak) dengan waktu simpan. Data-data yang diregresikan adalah berupa data asli untuk reaksi ordo 0 (nol) dan data Ln (log natural) untuk reaksi ordo 1 (satu). Hasil analisis regresi pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar air kopi Arabika bubuk yang disimpan selama 8 minggu nyata ($p < 0,05$) dan sangat nyata ($p < 0,01$) meningkat secara linier, sedangkan kadar lemak menurun secara linier. Peningkatan kadar air ditandai oleh indeks yang positif, sedangkan penurunan kadar lemak ditandai dengan indeks yang negatif pada nilai kemiringan (K). Selanjutnya, berdasarkan besaran nilai R^2 regresi pada kedua peubah yang diamati, maka ordo reaksi yang terpilih hampir seluruhnya adalah ordo 0 karena R^2 ordo 0 lebih relatif besar daripada R^2 ordo 1, kecuali pada peubah kadar air untuk kemasan AF65 dan AF130 yang terpilih adalah ordo 1.

Penurunan Mutu (K_x)

Persamaan Arrhenius dalam metode ASLT dapat digunakan untuk menentukan nilai satuan

penurunan mutu produk (K_x ; x adalah suhu), besarnya energi aktivasi (E_a) untuk setiap peubah mutu, dan lamanya waktu simpan produk. Besarnya penurunan mutu untuk masing-masing jenis kemasan pada suhu tertentu tercantum pada Tabel 2. Dalam penelitian ini, terjadinya penurunan mutu kopi Arabika bubuk disebabkan karena adanya peningkatan kadar air (Tabel 1, nilai K dengan indeks positif) dan/atau penurunan kadar lemak (Tabel 1, nilai K dengan indeks negatif).

Nilai satuan penurunan mutu (K_x) untuk peubah kadar lemak kopi bubuk yang disimpan pada kemasan dan suhu tertentu ternyata lebih tinggi (0,17649-0,31910) dibandingkan dengan nilai K_x untuk peningkatan kadar air (0,01817-0,05818) (Tabel 2). Khusus untuk kadar lemak, nilai K_x perlakuan kemasan AF130 lebih rendah (0,17649-0,27537) dibandingkan dengan kemasan AF65 dan L144 (0,28004-0,31910). Selanjutnya pada kemasan AF130 dan L144, semakin tinggi suhu penyimpanan maka semakin rendah nilai K_x -nya, tetapi sebaliknya untuk kemasan AF65 (Tabel 2). Hal ini pun membuktikan adanya interaksi antara perlakuan JK dengan SP seperti yang ditampilkan pada Gambar 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil analisis regresi linier antara lama simpan dengan kadar air dan lemak kopi Arabika bubuk yang disimpan pada kemasan dan suhu yang berbeda

Table 1. Results of linear regression analysis between shelf life and water and fat content of ground Arabica coffee stored in different packages and temperatures

Jenis kemasan	Suhu simpan (°C)	Nilai peluang (p)	Nilai R ²	Kemiringan (K)	Intersep	Ordo reaksi
..... (Kadar air)						
Alumunium foil tebal 65µ, tidak berkatup (AF65)	25	0,009 **	0,92	0,028	1,480	Ordo 0
		0,007 **	0,93	0,018	0,390	Ordo 1
	35	0,012 *	0,90	0,031	1,512	Ordo 0
		0,014 *	0,90	0,019	0,412	Ordo 1
	45	0,002 **	0,97	0,040	1,466	Ordo 0
		0,001 **	0,98	0,024	0,386	Ordo 1
Alumunium foil tebal 130µ, tidak berkatup (AF130)	25	0,008 **	0,93	0,024	1,498	Ordo 0
		0,008 **	0,93	0,015	0,402	Ordo 1
	35	0,015 *	0,89	0,030	1,456	Ordo 0
		0,015 *	0,90	0,019	0,378	Ordo 1
	45	0,002 **	0,97	0,055	1,516	Ordo 0
		0,004 **	0,97	0,033	0,418	Ordo 1
Laminasi tebal 144µ, berkatup (L144)	25	0,024 *	0,86	0,039	1,538	Ordo 0
		0,026 *	0,85	0,024	0,428	Ordo 1
	35	0,046 *	0,78	0,047	1,558	Ordo 0
		0,049 *	0,77	0,028	0,442	Ordo 1
	45	0,006 **	0,94	0,068	1,508	Ordo 0
		0,006 **	0,94	0,039	0,416	Ordo 1
..... (Kadar lemak)						
Alumunium foil tebal 65µ, tidak berkatup (AF65)	25	0,009 **	0,93	-0,263	14,878	Ordo 0
		0,010 *	0,92	-0,018	2,696	Ordo 1
	35	0,001 **	0,99	-0,352	15,160	Ordo 0
		0,001 **	0,99	-0,025	2,716	Ordo 1
	45	0,012 *	0,91	-0,299	14,914	Ordo 0
		0,013 *	0,90	-0,021	2,700	Ordo 1
Alumunium foil tebal 130µ, tidak berkatup (AF130)	25	0,001 **	0,98	-0,291	15,104	Ordo 0
		0,002 **	0,97	-0,021	2,716	Ordo 1
	35	0,012 *	0,91	-0,222	14,988	Ordo 0
		0,016 *	0,90	-0,015	2,704	Ordo 1
	45	0,027 *	0,85	-0,149	14,940	Ordo 0
		0,021 *	0,87	-0,011	2,704	Ordo 1
Laminasi tebal 144µ, berkatup (L144)	25	0,002 **	0,97	-0,321	15,206	Ordo 0
		0,004 **	0,96	-0,023	2,720	Ordo 1
	35	0,040 *	0,80	-0,309	14,506	Ordo 0
		0,035 *	0,82	-0,022	2,670	Ordo 1
	45	0,025 *	0,85	-0,261	14,708	Ordo 0
		0,029 *	0,84	-0,018	2,684	Ordo 1

Keterangan: * dan ** masing-masing nyata pada taraf 5% dan 1%
 Notes : * and ** significant at 5% and 1% level respectively

Meningkatnya kadar air sampai batas tertentu dapat menurunkan mutu bubuk kopi, karena dengan meningkatnya kadar air maka meningkat pula aktivitasnya. Dikemukakan bahwa meningkatnya aktivitas air pada proses penyimpanan kopi bubuk akan dapat mempercepat menurunnya aroma kopi (Cardelli & Labuza, 2001; Makri, Tsimogiannis, Dermesonluoglu, & Taoukisa, 2011). Penurunan kadar

air sampai batas tertentu, dan dikombinasikan dengan rendahnya suhu penyimpanan, akan dapat menghindari terjadinya penurunan aroma pada kopi (Scheidig, Czerny, & Schieberle, 2007). Menurut SNI nomor 01-3542-2004, kadar air untuk kopi Arabika bubuk ditentukan maksimum 7% (Badan Standardisasi Nasional, 2004).

Tabel 2. Persamaan Arrhenius peningkatan kadar air dan penurunan kadar lemak kopi Arabika bubuk
Table 2. Arrhenius equation of increasing water content and decreasing fat content of ground Arabica coffee

Jenis kemasan	Suhu simpan (°C)	K (absolut)	Ln K	T (°K)	1/T (°K)	Persamaan Arrhenius, nilai R ² , dan nilai satuan penurunan mutu
..... (Kadar air).....						
Alumunium foil tebal 65µ, tidak berkatup (AF65)	25	0,018	-4,017	298	0,0034	Ln K = -1,127-858,571 (1/T)
	35	0,019	-3,963	308	0,0032	R ² = 0,74
	45	0,024	-3,730	318	0,0031	K ₂₅ = 0,01817 K ₃₅ = 0,01995 K ₄₅ = 0,02178
Alumunium foil tebal 130µ, tidak berkatup (AF130)	25	0,015	-4,200	298	0,0034	Ln K = 3,978-2423,571 (1/T)
	35	0,019	-3,963	308	0,0032	R ² = 0,84
	45	0,033	-3,411	318	0,0031	K ₂₅ = 0,01569 K ₃₅ = 0,02043 K ₄₅ = 0,02617
Laminasi tebal 144µ, berkatup (L144)	25	0,039	-3,244	298	0,0034	Ln K = 2,569-1721,429 (1/T)
	35	0,047	-3,058	308	0,0032	R ² = 0,86
	45	0,068	-2,688	318	0,0031	K ₂₅ = 0,04045 K ₃₅ = 0,04880 K ₄₅ = 0,05818
..... (Kadar lemak).....						
Alumunium foil tebal 65µ, tidak berkatup (AF65)	25	0,263	-1,336	298	0,0034	Ln K = 0,67-577,143 (1/T)
	35	0,352	-1,044	308	0,0032	R ² = 0,36
	45	0,299	-1,207	318	0,0031	K ₂₅ = 0,28175 K ₃₅ = 0,30004 K ₄₅ = 0,31825
Alumunium foil tebal 130µ, tidak berkatup (AF130)	25	0,291	-1,234	298	0,0034	Ln K = -8,363+2107,857 (1/T)
	35	0,222	-1,505	308	0,0032	R ² = 0,91
	45	0,149	-1,904	318	0,0031	K ₂₅ = 0,27537 K ₃₅ = 0,21886 K ₄₅ = 0,17649
Laminasi tebal 144µ, berkatup (L144)	25	0,321	-3,080	298	0,0034	Ln K = -3,218 + 618,571 (1/T)
	35	0,309	-3,120	308	0,0032	R ² = 0,74
	45	0,261	-3,300	318	0,0031	K ₂₅ = 0,31910 K ₃₅ = 0,29830 K ₄₅ = 0,28004

Keterangan: nilai T (°K) = suhu simpan + 273

Notes : value of (°K) = storage temperature + 273

Di sisi lain, menurunnya kadar lemak akan menurunkan mutu kopi, karena menurunnya kadar lemak dapat menurunkan tingkat homogenitas warna pada kopi sangrai serta dapat menurunkan mutu kopi seduhan (Alpizar *et al.*, 2004). Menurunnya kadar lemak juga mengindikasikan adanya proses penguraian lemak menjadi molekul-molekul tertentu yang diduga dapat mendorong terjadinya proses menuju ketengikan (*rancidity*). Speer & Kölling-Speer (2006) mengemukakan bahwa lemak merupakan bagian dari lipid, dan kandungan lipid pada kopi Arabika relatif lebih tinggi (sekitar 17%) dibandingkan dengan kopi Robusta (sekitar 10%). Lipid merupakan komponen utama penyusun kopi, dan menurunnya kandungan lipid karena proses penyimpanan akan dapat menurunkan mutu sensori kopi (Toci *et al.*, 2013). Kandungan lipid pada kopi memiliki hubungan yang positif dengan asam

klorogenat (Gichimu *et al.*, 2014), dan kandungan lipid pada kopi akan menurun sejalan dengan semakin lamanya proses penyimpanan (Cong *et al.*, 2020). Di sisi lain, ditegaskan juga bahwa salah satu faktor penyebab menurunnya mutu suatu produk karena proses penyimpanan, termasuk di dalamnya kopi Arabika bubuk, adalah karena terjadinya reaksi *Maillard* dan oksidasi lipid (Makri *et al.*, 2011; Asiah *et al.*, 2018; Manzocco, Romano, Calligaris, & Nicoli, 2020), dan proses ini merupakan salah satu penyebab terjadinya ketengikan. Terkait dengan oksidasi lipid, Glöss, Schönbacher, Rast, Deuber, & Yeretian (2014) mengemukakan bahwa akhir-akhir ini studi tentang proses oksidasi lipid pada produk kopi menjadi perhatian penting, karena hal tersebut menjadi salah satu penanda menurunnya mutu kopi.

Tabel 3. Energi aktivasi (E_a) yang ditimbulkan dari kadar air dan lemak kopi Arabika bubuk yang disimpan pada kemasan dan suhu yang berbeda

Table 3. Activation energy (E_a) arising from the water and fat content of ground Arabica coffee stored in different packages and temperatures

Jenis kemasan	Suhu simpan (°C)	Energi aktivasi (E_a) yang ditimbulkan (kalori/mol)	
		Kadar air	Kadar lemak
Alumunium foil tebal 65 μ , tidak berkatup (AF65)	25	1705,12	1146,21
	35	1707,41	1148,09
	45	1709,69	1149,98
Alumunium foil tebal 130 μ , tidak berkatup (AF130)	25	4813,21	4186,20
	35	4816,53	4189,39
	45	4819,85	4192,57
Laminasi tebal 144 μ , berkatup (L144)	25	3418,76	1228,48
	35	3421,74	1230,44
	45	3424,72	1232,39

Energi Aktivasi (E_a)

Energi aktivasi adalah energi yang ditimbulkan oleh parameter tertentu saat suatu produk mengalami proses penyimpanan. Pada seluruh kombinasi perlakuan jenis kemasan dan suhu simpan ternyata nilai E_a yang ditimbulkan oleh kadar lemak jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai E_a yang ditimbulkan oleh kadar air (Tabel 3). Hal ini mengindikasikan bahwa kadar lemak merupakan peubah mutu yang dinilai kritis daripada kadar air, karena laju penurunan kadar lemak lebih cepat dibandingkan dengan laju peningkatan kadar air. Hal ini salah satunya dapat dilihat dari nilai K absolut pada regresi linier untuk peubah kadar lemak jauh lebih besar dibandingkan dengan nilai K untuk kadar air (Tabel 1), dan nilai K tersebut merupakan nilai kemiringan suatu regresi linier antara peubah lamanya waktu simpan dengan peubah mutu (kadar air dan kadar lemak). Di samping itu, pada penelitian ini kadar air kopi Arabika bubuk yang telah disimpan selama 8 minggu masih sangat rendah yaitu 1,69% - 2,09%. Nilai kisaran kadar air tersebut masih jauh di bawah nilai maksimum SNI yaitu 7%, sehingga pada penelitian ini peubah kadar air bukan merupakan peubah kritis.

Peubah mutu yang paling mempengaruhi penurunan mutu produk selama penyimpanan adalah yang memiliki nilai E_a terendah. Semakin rendah nilai E_a maka reaksi berjalan semakin cepat, yang berarti semakin cepat pula mempengaruhi laju kerusakan suatu produk (Swadana & Yuwono, 2014). Ditegaskan juga bahwa dalam menentukan peubah kritis suatu produk adalah didasarkan pada laju perubahan mutu selama proses penyimpanan, dan peubah yang menyebabkan perubahan mutu yang paling cepat maka akan paling cepat juga tingkat kerusakan produknya (Palupi, Kusnandar, Adawiyah, & Syah, 2010). Terdapat beberapa faktor penyebab menurunnya mutu suatu produk diantaranya adalah karena adanya reaksi kimia, perubahan biologis yang masih berlangsung hingga saat penyimpanan, adanya pertumbuhan mikroorganisme,

serta adanya reaksi enzimatik maupun non enzimatik. Pada saat penyimpanan terdapat beberapa faktor ekstrinsik yang menjadi penyebab menurunnya mutu suatu produk diantaranya adalah suhu dan kelembaban, sedangkan yang termasuk faktor intrinsik diantaranya adalah aktivitas air (Makri *et al.*, 2011; Manzocco *et al.*, 2016; Asiah *et al.*, 2018).

Penentuan Umur Simpan

SNI 01-3524 – 2004 tentang kopi bubuk tidak mencantumkan batasan minimal kadar lemak pada kopi bubuk, sehingga dalam penelitian ini dilakukan asumsi penurunan kadar tersebut sebesar 25%, 50%, dan 75% dari kadar lemak kopi tanpa penyimpanan. Berdasarkan pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa dengan asumsi penurunan kadar lemak sebesar 25%, 50%, dan 75%, ternyata untuk rata-rata ketiga suhu simpan kemasan AF130 menghasilkan umur simpan kopi yang relatif lebih lama (masing-masing 52,31; 34,87; dan 17,44 minggu) dibandingkan dengan kemasan AF65 dan L144, sedangkan antara AF65 dengan L144 relatif tidak jauh berbeda. Hal ini diduga karena laju proses oksidasi lipid pada kopi yang disimpan dengan kemasan AF130 relatif lebih rendah dibandingkan dengan jenis kemasan lainnya (AF65 dan L144). Tingkat ketebalan AF akan berpengaruh terhadap permeabilitas kemasan, sehingga akan berpengaruh juga terhadap besarnya transmisi (pertukaran) oksigen dan/atau uap air antara lingkungan sekitar ruang penyimpanan dengan lingkungan di dalam kemasan. Data di Tabel 4 juga menunjukkan adanya pengaruh interaksi JK x SP terhadap umur simpan. Pada kemasan AF130 dan L144, semakin tinggi suhu (dengan batasan maksimum suhu 45 °C) maka relatif semakin lama umur simpannya, tetapi sebaliknya untuk AF65 semakin rendah suhu simpan (dengan batasan minimum 25 °C) semakin lama umur simpannya. Hasil penelitian lain juga menunjukkan bahwa pada kisaran suhu simpan yang lebih tinggi, yaitu antara 40 °C sampai 60 °C, ternyata semakin meningkat suhu simpan maka semakin

Tabel 4. Umur simpan kopi Arabika bubuk jika diasumsikan kadar lemak menurun sebesar 25%, 50%, dan 75% dari kadar lemak kopi tanpa penyimpanan

Table 4. Shelf life of ground Arabica coffee if it is assumed that the fat content decreases by 25%, 50%, and 75% from the fat content of coffee without storage

Jenis kemasan	Suhu simpan (°C)	Umur simpan (minggu) jika diasumsikan kadar lemak menurun sebesar		
		25%	50%	75%
Alumunium foil tebal 65µ, tidak berkatup (AF65)	25	40,17	26,78	13,39
	35	37,72	25,15	12,57
	45	35,56	23,71	11,85
Rata-rata	-	37,82	25,21	12,60
Alumunium foil tebal 130µ, tidak berkatup (AF130)	25	41,10	27,40	13,70
	35	51,71	34,47	17,24
	45	64,13	42,75	21,38
Rata-rata	-	52,31	34,87	17,44
Laminasi tebal 144µ, berkatup (L144)	25	35,47	23,64	11,82
	35	37,94	25,29	12,65
	45	40,41	26,94	13,47
Rata-rata	-	37,94	25,29	12,65

Keterangan: kadar lemak kopi Arabika bubuk tanpa penyimpanan adalah 15,09%

Note : the fat content of ground Arabica coffee without storage is 15.09%

menurun umur simpan biji kopi Java Preanger (Mardjan & Hakim, 2019). Perbedaannya dengan penelitian ini adalah dalam bentuk dan ukuran produknya (ukuran partikel produk), serta suhu simpannya. Penelitian Mardjan & Hakim (2019) menggunakan kopi dalam bentuk biji dengan suhu simpan 40 °C – 60 °C, sedangkan pada penelitian ini menggunakan kopi bubuk dengan suhu simpan 25 °C – 45 °C. Terkait dengan hal itu, Lashermes & Combes (2018) mengemukakan bahwa pada proses pengemasan kopi ternyata perbedaan ukuran partikel berpengaruh terhadap laju pelepasan CO₂.

Dengan kemasan AF130 dinilai sudah cukup baik untuk menekan proses oksidasi lipid pada RH yang relatif tinggi di sekitar ruang simpan (85%-95%). Faktor ekstrinsik seperti kondisi RH dapat mempengaruhi umur simpan produk kopi (Benković & Tušek, 2018), demikian juga halnya dengan produk keju yang terbuat dari campuran ekstrak jagung (Aini *et al.*, 2019), terutama sekali apabila bahan kemasan yang digunakan tidak memiliki permeabilitas yang baik, sehingga memungkinkan terjadinya perpindahan uap air dan/atau gas (Ninsix, Azima, Novelina, & Nazir, 2018). Kondisi suhu dan RH di lingkungan sekitar ruang penyimpanan, ketersediaan oksigen, dan teknologi pengemasan produk merupakan sebagian faktor yang akan turut mempengaruhi laju oksidasi lipid, sehingga kondisi tersebut akan berpengaruh terhadap lamanya umur simpan kopi (Manzocco & Lagazio, 2009). Walaupun kopi disimpan di bawah kondisi vakum dengan oksigen yang rendah, tetap akan mengalami proses oksidasi lipid (Kreuml, Majchrzak, Ploeder, &

Koenig, 2013; Morrice *et al* dikutip oleh Vila, de Peña, & Cid, 2018), karena kehadiran awal radikal bebas yang terbentuk melalui proses pirolisis pada saat penyangraian (Morrice *et al* dikutip oleh Vila *et al.*, 2018).

Di samping karena adanya reaksi lipid pada saat penyimpanan, penurunan mutu kopi juga bisa disebabkan oleh adanya reaksi hidrolisis lemak yang terikat pada *acylglycerol* yang akan menghasilkan asam lemak bebas. Asam lemak bebas yang tidak larut dalam air menjadi salah satu penyebab terjadinya proses ketengikan pada kopi (Toci *et al.*, 2013; Vila *et al.*, 2018). Kondisi tersebut menunjukkan akan pentingnya bahan AF dengan ketebalan tertentu dalam proses pengemasan kopi bubuk seperti yang telah dikemukakan oleh Glöss *et al.* (2014) serta Saolan, Sukainah, & Wijaya (2020), sehingga dapat menekan adanya pengaruh dari kondisi lingkungan sekitar. Hal yang sama dikemukakan juga oleh Agustini & Yusya (2020) tentang pentingnya bahan *polyethylene* yang dilapisi AF dalam mempertahankan kualitas dan stabilitas kopi bubuk selama penyimpanan. Buntinx *et al.* (2014) mengemukakan bahwa batasan kemasan salah satunya tergantung pada nilai transmisi oksigennya, dan nilai tersebut dipengaruhi oleh ketebalan kemasan, baik di bagian dinding ataupun di bagian bawah kemasan. Kemasan yang lebih tipis cenderung memiliki nilai transmisi oksigen lebih tinggi, sehingga akan dapat mempercepat proses oksidasi. Oleh karena itu, kemasan AF130 relatif lebih baik jika dibandingkan dengan AF65.

Pada penelitian ini, penentuan umur simpan kopi Arabika bubuk yang disimpan pada kemasan dan

suhu tertentu didasarkan pada laju penurunan kadar lemak selama penyimpanan. Informasi ini perlu didukung oleh informasi lainnya, terutama sekali perlunya penambahan ragam peubah mutu lainnya yang dinilai menjadi indikator penting dalam menilai mutu seduhan kopi. Yang tidak kalah pentingnya adalah bahwa keputusan akhir berada pada pihak konsumen sebagai pengguna akhir yang akan menilai mutu produk kopi yang akan dikonsumsi. Oleh karena itu, tingkat persepsi dan penilaian konsumen terhadap beragam indikator mutu kopi, termasuk di dalamnya mutu seduhan melalui *cuping test* perlu untuk diketahui. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Palupi *et al.* (2010); Manzocco *et al.* (2016); Yoon *et al.* (2017); Cotter & Hopfer (2018); dan Ninsix *et al.* (2018).

KESIMPULAN

Terjadi peningkatan kadar air dan penurunan kadar lemak kopi Arabika bubuk yang dikemas dengan kemasan aluminium foil tebal 65 μ (AF65), aluminium foil tebal 130 μ (AF130), dan kemasan laminasi tebal 144 μ (L144), dan disimpan pada suhu 25 °C, 35 °C, dan 45 °C. Kadar lemak merupakan peubah mutu yang dinilai kritis karena energi aktivasi yang ditimbulkannya selama penyimpanan jauh lebih rendah (1146,21 - 4192,57 kalori/mol) dibandingkan dengan kadar air (1705,12 - 4819,85 kalori/mol). Dengan asumsi kadar lemak menurun sebesar 25%, 50%, dan 75%, maka kopi yang dikemas dengan AF130 memiliki umur simpan lebih lama (masing-masing 52,31; 34,87; dan 17,77 minggu) dibandingkan dengan AF65 (masing-masing 37,82; 25,21; dan 12,60 minggu) dan L144 (masing-masing 37,94; 25,29; dan 12,65 minggu). Untuk memperpanjang umur simpannya, maka kopi Arabika bubuk yang dikemas dengan AF130 dan L144 sebaiknya disimpan pada suhu 45 °C, sedangkan untuk kemasan AF65 sebaiknya pada suhu 25 °C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada ketua dan anggota kelompok tani kopi di Desa Pangauban, Kecamatan Cisarupan, Kabupaten Garut yang telah dengan ikhlas menyediakan bahan penelitian berupa buah kopi. Terima kasih disampaikan juga kepada para Teknisi Litkayasa dan Laboran di Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar yang telah membantu terlaksananya penelitian dengan baik.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Elsera Br Tarigan (Kontributor Utama)
2. Edi Wardiana (Kontributor Utama)
3. Handi Supriadi (Kontributor Anggota)

DAFTAR PUSTAKA

- Abong, G.O., Okoth, M. W., Imungi, J. K., & Kabira, J. N. (2011a). Effect of packaging and storage temperature on the shelf life of crisps from four Kenyan potato cultivars. *American Journal of Food Technology*, 6(10), 882–892.
- Abong, G.O., Okoth, M. W., Imungi, J. K., & Kabira, J.N. (2011b). Effect of slice thickness and frying temperature on color, texture and sensory properties of crisps made from Four Kenyan potato cultivars. *American Journal of Food Technology*, 6(9), 753–762.
- Adetunji, V.O., & Chen, J. (2011). Effect of temperature and modified vacuum packaging on microbial quality of Wara A West African Sof Chess. *Research Journal of Microbiology*, 6(4), 402–409.
- Agustini, S., & Yusya, M.K. (2020). The effect of packaging materials on the physicochemical stability of ground roasted coffee. *Current Research on Biosciences and Biotechnology*, 1(2), 66–70. <https://doi.org/10.5614/crb.2019.1.2/zvc3720>
- Aini, N., Sustrawan, B., Sumarmono, J., Prihananto, V., & Atmajayanti, T. P. (2019). The effect of packaging type and storage temperature on the characteristics of cheese spread analogues from corn extract. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 406(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/406/1/012017>
- Alpizar, E., Vaast, P., & Bertrand, B. (2004). Fat content : A quality indicator for Central America coffees ? In *20th International Conference on Coffee Science, Bangalore, India, 11-15 October 2004* (pp. 1074–1076).
- AOAC. 1995. "Official Methods of Analysis of The Association of Analytical Chemists". Washington. D.C.
- Arif, A.B. (2016). Metode Accelerated Shelf Life Test (ASLT) dengan pendekatan Arrhenius dalam pendugaan umur simpan sari buah nenas, pepaya dan cempedak. *Informatika Pertanian*, 25(2), 189–198. <https://doi.org/10.21082/ip.v25n2.2016.p189-198>
- Asiah, N., Cempaka, L., & David, W. (2018). *Pendugaan Umur Simpan Produk Pangan*. Universitas Bakrie (UB) Press.

- Badan Standardisasi Nasional. (2004). SNI 01-3524 - 2004. Kopi Bubuk. Badan Standardisasi Nasional (BSN), 1–10.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 01-2907-2008, Biji Kopi. Badan Standardisasi Nasional (BSN), 1–12.
- Benković, M., & Tušek, A. (2018). Regression models for description of roasted ground coffee powder color change during secondary shelf-life as related to storage conditions and packaging material. *Beverages*, 4(1), 16. <https://doi.org/10.3390/beverages4010016>
- Buntinx, M., Willems, G., Knockaert, G., Adons, D., Yperman, J., Carleer, R., & Peeters, R. (2014). Evaluation of the thickness and oxygen transmission rate before and after thermoforming mono- and multi-layer sheets into trays with variable depth. *Polymers*, 6(12), 3019–3043. <https://doi.org/10.3390/polym6123019>
- Cardelli, C., & Labuza, T.P. (2001). Application of Weibull hazard analysis to the determination of the shelf life of roasted and ground coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 34, 273–278. <https://doi.org/10.1006/food.2000.0732>
- Cong, S., Dong, W., Zhao, J., Hu, R., Long, Y., & Chi, X. (2020). Characterization of the lipid oxidation process of robusta green coffee beans and shelf life prediction during accelerated storage. *Molecules*, 25(157), 1–16. <https://doi.org/10.3390/molecules25051157>
- Cotter, A., & Hopfer, H. (2018). The effects of storage temperature on the aroma of whole bean Arabica coffee evaluated by coffee consumers and HS-SPME-GC-MS. *Beverages*, 4(3), 68. <https://doi.org/10.3390/beverages4030068>
- Cowell, J. (2018). *One-way degassing valve behavior & function in the acceptability of stored coffee*. University of Guelph.
- Gichimu, B.M., Gichuru, E.K., Mamati, G.E., & Nyende, A.B. (2014). Biochemical composition within *Coffea arabica* cv. Ruiru 11 and its relationship with cup quality. *Journal of Food Research*, 3(3), 31. <https://doi.org/10.5539/jfr.v3n3p31>
- Glöss, A.N., Schönbacher, B., Rast, M., Deuber, L., & Yeretzyan, C. (2014). Freshness indices of roasted coffee: Monitoring the loss of freshness for single serve capsules and roasted whole beans in different packaging. *Chimia*, 68(3), 179–182. <https://doi.org/10.2533/chimia.2014.179>
- Hadadinejad, M., Ghasemi, K., & Mohammadi, A. A. (2018). Effect of storage temperature and packaging material on shelf life of Thornless Blackberry. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 5(2), 265–275. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2018.252144.218>
- Holper, H., Buffon, P.A., Ebeler, S.E., & Heymann, H. (2013). The combined effects of storage temperature and packaging on the sensory, chemical, and physical properties of a cabernet Sauvignon Wine Helene. *J. Agric. Food Chem*, 61(13), 3320–3334.
- International Coffee Organization. (2021). World coffee consumption. Data as at January 2021. Next update May 2021. ICO. <http://www.ico.org/prices/new-consumption-table.pdf>
- Kamau, E., Mutungi, C., Kinyuru, J., Imathiu, S., Tanga, C., Affognon, H., Ekesi, S., Nakimbugwe, D., & Fiaboe, K.K.M. (2017). Effect of packaging material, storage temperature and duration on the quality of Semi-Processed Adult House Cricket Meal. *Journal of Food Research*, 7(1), 21. <https://doi.org/10.5539/jfr.v7n1p21>
- Kiyoi, L. (2010). *Determining the optimal material for coffee packaging*. The Faculty of the Graphic Communication Departemen - California Polytechnic State University, San Luis Obispo.
- Kreuml, M.T.L., Majchrzak, D., Ploederl, B., & Koenig, J. (2013). Changes in sensory quality characteristics of coffee during storage. *Food Science & Nutrition*, 1(4), 267–272. <https://doi.org/10.1002/fsn.335>
- Landge, S.N., Chavan, B.R., Kulkarni, D.N., & Khedkar, C.D. (2009). Effect of packaging materials, storage period and temperature on acceptability of milk cake. *J. Dairying, Food & H.S.*, 28(1), 20–25.
- Lashermes, P., & Combes, M.C. (2018). Diversity and Genome Evolution in Coffee. In D. P. Lashermes (Ed.), *Achieving Sustainable Cultivation of Coffee Breeding and Quality Traits* (Vol. 39, p. 7). Burleigh Dodds Series in Agricultural Science Publishing Limited.
- Makri, E., Tsimogiannis, D., Dermesonluoglu, E.K., & Taoukisa, P.S. (2011). Modeling of Greek coffee aroma loss during storage at different temperatures and water activities. *Procedia Food Science*, 1, 1111–1117. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.166>
- Manzocco, L., Calligaris, S., Anese, M., & Nicoli, M.C. (2016). The Stability and shelf life of coffee products. *The Stability and Shelf Life of Food*, 375–398. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100435-7.00013-7>

- Manzocco, L., Romano, G., Calligaris, S., & Nicoli, M.C. (2020). Modeling the effect of the oxidation status of the ingredient oil on stability and shelf life of low-moisture bakery products: The case study of crackers. *Foods*, 9, 1–13. <https://doi.org/10.3390/foods9060749>
- Manzocco, L., & Lagazio, C. (2009). Coffee brew shelf life modelling by integration of acceptability and quality data. *Food Quality and Preference*, 20(1), 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2008.06.005>
- Mardjan, S., & Hakim, F.R. (2019). Prediction shelf life of Arabica Java Preanger coffee beans under hermetic packaging using Arrhenius method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 557(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/557/1/012077>
- Martínez, R.A., Schvezov, N., Brumovsky, L.A., & Román, A.B.P. (2018). Influence of temperature and packaging type on quality parameters and antimicrobial properties during Yateí honey storage. *Food Science and Technology*, 38(1), 196–202. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.17717>
- Nicoli, M.C., Manzocco, L., & Calligaris, S. (2013). Packaging and the shelf life of coffee. In G.L. Robertson (Ed.), *Food Packaging and Shelf Life: A Practical Guide* (Vol. 53, pp. 199–214). CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Ninsix, R., Azima, F., Novelina, & Nazir, N. (2018). Metode penetapan titik kritis, daya simpan dan kemasan produk instan fungsional. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 7(1), 46–52.
- Palupi, N.S., Kusnandar, F., Adawiyah, D.R., & Syah, D. (2010). Penentuan umur simpan dan pengembangan model diseminasi dalam rangka percepatan adopsi teknologi mi jagung bagi UKM. *Manajemen IKM*, 5(1), 42–52. <https://doi.org/10.29244/42-52>
- Poltronieri, P., & Rossi, F. (2016). Challenges in specialty coffee processing and quality assurance. *Challenges*, 7(2), 19. <https://doi.org/10.3390/challe7020019>
- Saolan, Sukainah, A., & Wijaya, M. (2020). Pengaruh jenis kemasan dan lama waktu penyimpanan terhadap mutu bubuk kopi Robusta (*Coffea robusta*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 6(2), 337–348.
- Scheidig, C., Czerny, M., & Schieberle, P. (2007). Changes in key odorants of raw coffee beans during storage under defined conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(14), 5768–5775. <https://doi.org/10.1021/jf070488o>
- Speer, K., & Kölling-Speer, I. (2006). The lipid fraction of the coffee bean. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 201–216. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100014>
- Sualeh, A., Daba, A., Kiflu, S., & Mohammed, A. (2016). Effect of storage conditions and packing materials on shelf life of tomato. *Food Science and Quality Management*, 56, 60–67. www.iiste.org
- Swadana, A.W., & Yuwono, S.S. (2014). Pendugaan umur simpan minuman berperisan apel menggunakan metode Accelerated Shelf Life Testing dengan pendekatan Arrhenius. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 2(3), 203–212.
- Toci, A. T., Neto, V.J.M.F., Torres, A.G., & Farah, A. (2013). Changes in triacylglycerols and free fatty acids composition during storage of roasted coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 50, 581–590. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.007>
- Tušek, A.J., Benković, M., & Bauman, I. (2015). Kinetics of colour change in roasted ground coffee during secondary shelf-life. *Biblid*, 19(1), 7–11.
- Vila, M., de Peña, M.P., & Cid, C. (2018). FFA Evolution during storage of ground roasted coffee. *Czech Journal of Food Sciences*, 22, 338–341. <https://doi.org/10.17221/10696-cjfs>
- Yoon, J-W., Ahn, S-I., Kim, H-N., Park, J-H., Park, S-Y., Kim, J-H., ... Kim, G-Y. (2017). Qualitative characteristics and determining shelf-life of milk beverage product supplemented with coffee extracts. *Korean J. for Food Sc. An.*, 37(2), 305–312.
- Zafrina, L. (2012). Persamaan operasional dalam proses laminasi bahan kemasan. *Jurnal Teknik Industri*, 12(1), 90. <https://doi.org/10.22219/jtiumm.vol12.no1.90-93>