

Pendugaan Umur Simpan Biji Kopi Arabika Menggunakan Metode *Accelerated Shelf-Life Test* (ASLT) Model Arrhenius Berdasarkan Parameter Kadar Air

Nudiya Afina, Hotnida Sinaga*, dan Zulkifli Lubis

Program Studi Magister Ilmu Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara,
Medan, Indonesia

*Alamat korespondensi: hotnida.sinaga@usu.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 02-08-2024 Direvisi: 17-10-2024 Dipublikasi: 31-12-2024	Shelf-life prediction of arabica coffee beans using the accelerated shelf-life test (ASLT) method by Arrhenius model based on water content parameter
Keywords: Arabica, Arrhenius Model, Grainpro, Packaging, Shelf-Life	The increase in coffee production must be accompanied by measures to maintain the quality of coffee beans, particularly through proper storage and selecting appropriate packaging materials. A decline in coffee bean quality can significantly reduce their shelf life. The shelf life of coffee beans can be determined by assessing changes in quality during storage, which can be evaluated using the Accelerated Shelf-Life Test (ASLT) method. This study aimed to predict the shelf life of Arabica coffee beans from Sidikalang using the ASLT method based on the Arrhenius model and water content as a parameter. The research employed four types of packaging materials: aluminum foil pouches, GrainPro pouches, paper pouches, and jute sacks, under three temperature conditions: 30°C, 40°C, and 50°C. The results showed that the shelf lives of coffee beans stored in aluminum foil pouches, GrainPro pouches, paper pouches, and jute sacks were 42 days, 46 days, 29 days, and 28 days at 30°C; 20 days, 21 days, 15 days, and 13 days at 40°C; and 10 days, 11 days, 8 days, and 6 days at 50°C, respectively.
Kata Kunci: Arabika, Grainpro, Kemasan, Model Arrhenius, Umur Simpan	Peningkatan produksi kopi harus disertai dengan pemeliharaan mutu biji kopi yaitu dengan cara penyimpanan dan pemilihan jenis kemasan yang tepat sehingga dapat mempertahankan mutu biji kopi. Penurunan mutu biji kopi dapat berakibat pada penurunan umur simpannya. Umur simpan biji kopi dapat ditentukan berdasarkan perubahan yang terjadi pada mutu biji kopi selama penyimpanan yaitu dapat dilakukan dengan menggunakan metode <i>Accelerated Shelf-Life Test</i> (ASLT). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dugaan umur simpan biji kopi arabika dari Sidikalang dengan menggunakan metode ASLT model Arrhenius berdasarkan parameter kadar air. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan empat jenis kemasan, yaitu aluminium foil, Grainpro, kertas, dan goni rami dengan tiga suhu penyimpanan, yaitu 30 °C, 40 °C, dan 50 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa umur simpan biji kopi dengan kemasan kantong aluminium foil, kantong Grainpro, kantong kertas, dan karung goni adalah 42 hari, 46 hari, 29 hari, dan 28 hari pada suhu 30°C; 20 hari, 21 hari, 15 hari, dan 13 hari pada suhu 40°C; dan 10 hari, 11 hari, 8 hari, dan 6 hari pada suhu 50°C.

PENDAHULUAN

Kopi adalah minuman hasil seduhan biji kopi yang telah disangrai dan dihaluskan menjadi bubuk. Kopi termasuk minuman yang dapat dikonsumsi di berbagai waktu, dari pagi hingga malam hari. Konsumsi kopi merupakan bagian dari cara merayakan momen-momen penting ataupun hanya sebagai kegiatan yang dilakukan sehari-hari baik di waktu sibuk maupun di waktu senggang. Umumnya tujuan mengonsumsi kopi adalah untuk meningkatkan konsentrasi selama bekerja, mengurangi rasa kantuk, meningkatkan rasa semangat maupun kesegaran tubuh (Adrianto dkk., 2020). Konsumsi kopi dapat meningkatkan kesehatan tubuh karena di dalam kopi terkandung berbagai senyawa bioaktif seperti senyawa fenolik, alkaloid, flavonoid, dan saponin, selain itu vitamin dan mineral juga terdapat di dalam kopi (Riyanti dkk., 2020).

Peningkatan konsumsi kopi telah mendorong perluasan produksi kopi untuk memenuhi permintaan pasar yang tinggi. Menurut Tania & Hurdawaty (2022), konsumsi kopi di Indonesia memiliki hubungan yang erat dengan budaya masyarakat. Indonesia termasuk sepuluh negara produsen kopi dengan konsumsi kopi terbesar di dunia (International Coffee Organization, 2023). Perilaku konsumsi kopi telah menjadi bagian dari budaya masyarakat Indonesia. Berdasarkan data Coffee Development Report dari International Coffee Organization (ICO) tahun 2023, konsumsi kopi di Indonesia pada tahun 2022/2023 adalah sebesar 5,7 juta kantong kemasan ukuran 60 kg. Budaya konsumsi kopi di masyarakat Indonesia yang tinggi telah memengaruhi permintaan pasar akan kopi, sehingga peningkatan produksi kopi menjadi suatu kebutuhan yang penting untuk dipenuhi. Peningkatan produksi kopi di Indonesia dari tahun 2023 sebesar 760,2 ribu ton naik sebanyak 1,95% menjadi 775,0 ribu ton pada tahun 2023 (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2024).

Tingginya produksi kopi harus tetap disertakan dengan pemeliharaan mutu kopi setelah proses pemanenan. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan penyimpanan pada biji kopi. Namun, apabila cara penyimpanan dan jenis kemasan yang digunakan kurang tepat maka akan sangat memengaruhi kualitas kopi karena selama proses penyimpanan akan terjadi peningkatan kadar air pada kopi sehingga akan tumbuh jamur yang akan menyebabkan penurunan mutu kopi

(Hayati dkk., 2023). Menurut Pane dkk. (2022), penyimpanan biji kopi dengan kelembapan yang terlalu rendah juga dapat menurunkan kadar air sehingga dapat berpengaruh pada penampakan dan rasa dari biji kopi. Selain itu, semakin lama biji kopi disimpan maka akan terjadi perubahan pada warna biji kopi dari awal yang berwarna hijau dapat berubah menjadi biru, kekuningan, dan coklat yang menandakan biji kopi tersebut sudah dalam keadaan rusak. Selama penyimpanan, biji kopi dapat mengalami penurunan mutu akibat kerusakan yang disebabkan oleh serangga hama, salah satunya adalah kumbang *Araecerus fasciculatus*. Kerusakan yang diakibatkan oleh hama yaitu biji kopi yang berlubang, adanya alur gerakan, dan tumbuhnya jamur di sekitar lubang di permukaan biji kopi (Rahayu dkk., 2022). Keberadaan oksigen di dalam kemasan kopi juga dapat menyebabkan penurunan mutu kopi termasuk aroma dan citarasa dikarenakan proses oksidasi. Senyawa-senyawa aldehida cenderung mengalami oksidasi menjadi senyawa asam, yang pada akhirnya mempengaruhi aroma dan cita rasa kopi. Oleh karena itu, pengemasan yang meminimalkan paparan oksigen sangat krusial dalam memastikan kualitas kopi tetap terjaga (Muttalib dkk., 2019). Cara penyimpanan dan jenis kemasan yang tepat dalam penyimpanan kopi dapat mempertahankan mutu kopi (Hayati dkk., 2023). Beberapa jenis kemasan yang dapat digunakan untuk penyimpanan biji kopi adalah karung goni, kantong plastik polipropilena, polietilen, polyethylene terephthalate (PET), aluminium foil, dan kertas kraft (Saolan dkk., 2020; Silaban dkk., 2023; Tripetch & Borompichaichartkul, 2019).

Penggunaan karung goni paling banyak ditemukan pada industri skala kecil karena karung goni memiliki harga yang terjangkau namun karung goni memiliki sifat permeabilitas yang tinggi sehingga dapat meningkatkan suhu dan kelembapan dari produk yang disimpan. Biji kopi yang disimpan dengan karung goni umumnya dapat bertahan hingga enam bulan. Setelah melewati enam bulan, biji kopi menunjukkan tanda-tanda kerusakan berupa tumbuhnya jamur dan warna biji kopi yang berubah menjadi kekuningan (Pane dkk., 2022).

Penurunan kualitas biji kopi dapat menyebabkan penurunan umur simpan. Umur simpan suatu produk pangan merupakan informasi yang penting untuk diketahui oleh produsen dan konsumen produk pangan tersebut (Amalia dkk., 2022). Informasi umur simpan merupakan salah satu informasi yang wajib dicantumkan oleh produsen

pada kemasan produk pangan. Pencantuman informasi umur simpan sangat penting karena berkaitan dengan keamanan produk pangan tersebut dan untuk menghindari konsumsi pada saat kondisi produk sudah tidak layak konsumsi (Surahman dkk., 2020). Umur simpan adalah rentang waktu yang dimiliki suatu produk pangan sejak diproduksi hingga dikonsumsi sebelum produk pangan tersebut mengalami kerusakan atau tidak layak untuk dikonsumsi. Umur simpan merupakan salah satu hal penting yang harus ada pada setiap produk pangan, baik pangan kering, basah, maupun semi basah (Nirwana dkk., 2022). Apabila umur simpan biji kopi diketahui, maka tanggal kadaluarsa produk juga dapat ditentukan (Amalia dkk., 2022).

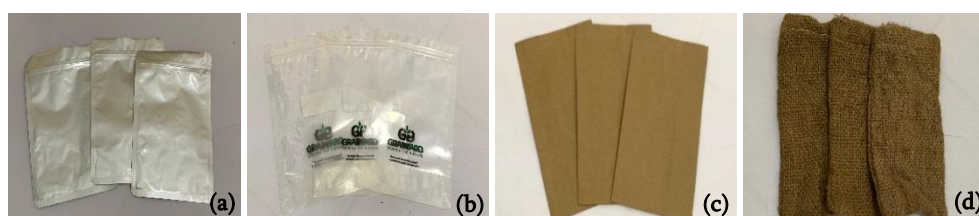
Ada dua macam metode yang dapat digunakan dalam pendugaan umur simpan suatu produk pangan yaitu metode konvensional dan metode akselerasi (Nirwana dkk., 2022). Metode konvensional dilakukan dengan menyimpan produk hingga rusak sehingga memerlukan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, produk pangan yang memiliki masa simpan yang panjang dapat ditentukan umur simpannya dengan menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Test* (ASLT) (Pongajow dkk., 2015). Biji kopi termasuk dalam bahan pangan yang memiliki umur simpan yang panjang yaitu dapat bertahan hingga enam bulan di suhu ruang (Pane dkk., 2022). Umur simpan biji kopi dapat ditentukan berdasarkan perubahan yang terjadi pada mutu biji kopi selama penyimpanan dan dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Test* (ASLT). Metode ASLT merupakan metode pendugaan umur simpan dengan cara mempercepat terjadinya perubahan mutu produk pangan berdasarkan parameter kritisnya. Metode ASLT dilakukan dengan mengkondisikan lingkungan penyimpanan produk pangan sehingga terjadi reaksi penurunan kualitas produk pangan tersebut (Surahman dkk., 2020). Salah satu model penyimpanan dengan metode ASLT adalah model Arrhenius, yaitu model yang memperkirakan umur simpan dengan menggunakan kerusakan yang diakibatkan oleh penggunaan suhu dan kelembapan

yang tinggi sehingga mempercepat kerusakan produk (Novita dkk., 2021).

Beberapa penelitian mengenai penyimpanan kopi seperti pengaruh penyimpanan terhadap jenis kemasan dan masa penyimpanan terhadap mutu bubuk kopi (Saolan dkk., 2020) dan pengaruh jenis kemasan dan lama waktu penyimpanan terhadap mutu bubuk kopi arabika (Hayati dkk., 2023) telah dilakukan. Penelitian lain mengenai pendugaan umur simpan biji kopi juga telah dilakukan sebelumnya, diantaranya pendugaan umur simpan biji kopi arabika dengan kemasan hermetis menggunakan metode Arrhenius hanya dengan menggunakan parameter kritis nilai citarasa melalui *cupping test* (Mardjan & Hakim, 2019). Namun, belum ada penelitian mengenai pendugaan umur simpan biji kopi dengan menggunakan parameter kritis kadar air dalam menentukan umur simpan biji kopi. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian terkait penentuan umur simpan biji kopi dengan berbagai suhu penyimpanan dan jenis kemasan yang digunakan dalam penyimpanan biji kopi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dugaan umur simpan biji kopi Arabika asal Sidikalang menggunakan metode ASLT dengan model Arrhenius berdasarkan parameter kadar air sehingga baik produsen, distributor, maupun konsumen dapat mengetahui berapa lama biji kopi dapat disimpan dan masih memiliki mutu yang baik untuk dikonsumsi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Januari hingga Februari 2024 di Laboratorium Analisa Kimia dan Biokimia Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kopi hijau jenis arabika yang diperoleh dari Sidikalang, Kabupaten Dairi, Sumatera Utara. Kemasan yang digunakan dalam penelitian (K) terdiri dari empat tipe kemasan, yaitu kantong aluminium foil, kantong Grainpro SuperGrainBag, kantong kertas, dan goni rami (Gambar 1), sedangkan suhu penyimpanan (T) terdiri dari tiga pengaturan suhu, yaitu 30°C, 40°C, dan 50°C.

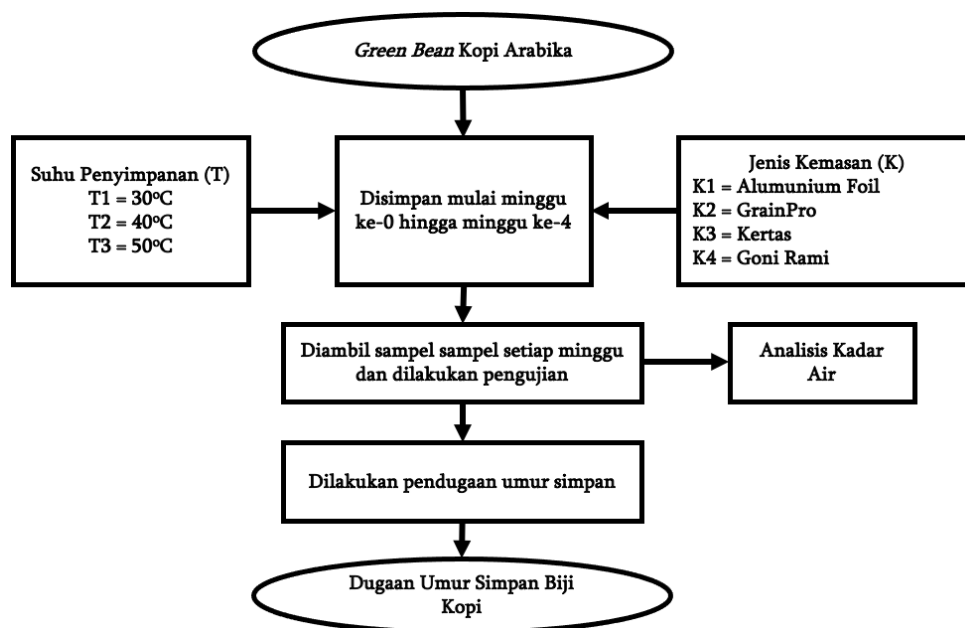


Gambar 1. Kantong kemasan kopi yang digunakan, (a) aluminium foil, (b) grainpro, (c) kertas, (d) goni rami.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri atas beberapa tahap, yaitu penyimpanan biji kopi, pengujian kadar air biji kopi,

dan pendugaan umur simpan biji kopi. Tahapan penelitian digambarkan dalam diagram alir yang tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Penyimpanan Biji Kopi

Penyimpanan biji kopi dilakukan dengan metode *Accelerated Shelf-Life Test* (ASLT) yaitu metode akselerasi dengan tujuan untuk mempercepat terjadinya kerusakan pada biji kopi. Biji kopi arabika yang telah melewati proses pengolahan *semi wash* dikemas dengan menggunakan empat jenis kemasan yang telah ditentukan (kantong aluminium foil, kantong Grainpro, kantong kertas, dan goni rami). Masing-masing biji kopi yang telah dikemas kemudian disimpan selama empat minggu dengan tiga variasi suhu penyimpanan (30°C, 40°C, dan 50°C). Selama penyimpanan biji kopi, kelembapan udara dikontrol dalam kisaran 60%. Setiap satu minggu penyimpanan, sampel biji kopi diuji kadar air dan perhitungan pendugaan umur simpannya.

masing sebanyak 5 g dan dimasukkan ke dalam cawan alumunium. Kemudian sampel dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 16 jam. Sampel dikeluarkan dari oven dan dimasukkan ke dalam desikator hingga mencapai suhu ruang dan ditimbang. Kadar air kopi dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1 - m_0} \times 100\%$$

Keterangan:

m_0 : berat cawan (g)

m_1 : berat cawan + berat sampel sebelum dikeringkan (g)

m_2 : berat cawan + berat sampel sesudah dikeringkan (g)

Pengujian Kadar Air Biji Kopi

Pengujian kadar air kopi dilakukan berdasarkan metode yang diperoleh dari SNI 2907 tahun 2008 (Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2008), yaitu menggunakan oven dengan cara menyiapkan cawan alumunium yang telah dikeringkan selama 1 jam pada suhu 105°C di dalam oven dan dimasukkan ke dalam desikator hingga cawan mencapai suhu ruang kemudian berat cawan tersebut ditimbang. Selanjutnya biji kopi dari masing-masing perlakuan digiling dan ditimbang masing-

Pendugaan Umur Simpan Biji Kopi

Pendugaan umur simpan dilakukan berdasarkan metode yang diperoleh dari Mardjan & Hakim (2019) dengan menggunakan nilai yang diperoleh dari parameter pengujian yaitu kadar air. Nilai-nilai parameter tersebut dimasukkan ke dalam grafik hubungan antara waktu penyimpanan (minggu) dengan rata-rata penurunan nilai parameter mutu. Untuk penentuan ordo reaksi, dimulai dengan membuat grafik ordo 0 dengan sumbu X menunjukkan lama penyimpanan (minggu) dan

sumbu Y menunjukkan rata-rata penurunan nilai mutu kopi, contoh grafik ordo 0, sedangkan untuk grafik ordo 1 dengan sumbu X menunjukkan lama penyimpanan (minggu) dan sumbu Y menunjukkan ln dari rata-rata penurunan nilai mutu. Selanjutnya dari masing-masing grafik diperoleh persamaan $y = a + bx$ dan nilai regresi linier (R^2). Ordo dengan persamaan garis yang memiliki nilai R^2 terbesar akan digunakan untuk membuat grafik $\ln k$ vs $1/T$ dengan nilai gradien dari persamaan garis yang digunakan sebagai nilai k , nilai k ini akan dimasukkan ke dalam grafik Arrhenius sebagai $\ln k$. Selanjutnya dilakukan pembuatan grafik Arrhenius, sumbu X menyatakan $1/T$ (T adalah suhu penyimpanan yang digunakan dalam satuan Kelvin) dan sumbu Y menyatakan $\ln k$. Berdasarkan grafik Arrhenius tersebut didapatkan nilai slope yang digunakan sebagai nilai $-E_a/R$ dan intercept sebagai nilai $\ln k_0$. Setelah mendapatkan nilai $-E_a/R$ dan k_0 , maka akan didapatkan nilai laju penurunan mutu (K) untuk setiap suhu penyimpanan dengan menggunakan persamaan Arrhenius. Laju penurunan mutu dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$K = K_0 \times e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

Keterangan:

K : Laju penurunan mutu pada suhu T

K_0 : konstanta pre-eksponensial

E_a : energi aktivasi (kal/mol)

T : suhu absolut (K)

R : konstanta gas (1,986 kal/mol K)

Kemudian untuk menentukan dugaan umur simpan biji kopi dari masing-masing suhu penyimpanan dapat menggunakan rumus berikut:

$$t = \frac{A_0 - A_t}{K} \text{ untuk ordo 0}$$

$$t = \frac{\ln A_0 - \ln A_t}{K} \text{ untuk ordo 1}$$

Keterangan:

t : dugaan umur simpan (hari)

A_0 : nilai mutu awal

A_t : nilai mutu yang tersisa dalam setelah penyimpanan

K : laju penurunan mutu pada suhu T

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kadar air biji kopi yang telah melewati proses penyimpanan mulai dari minggu ke-0 hingga minggu ke-4 pada tiga suhu penyimpanan (30°C, 40°C, dan 50°C) dan empat jenis kemasan

(aluminium foil, Grainpro, kertas, dan goni rami) menunjukkan bahwa kadar air tertinggi (13,76%) terdapat pada perlakuan tanpa penyimpanan atau penyimpanan minggu ke-0, sedangkan kadar air terendah (11,99%) pada perlakuan penyimpanan minggu ke-4 dengan menggunakan kemasan goni rami pada suhu 50°C (Tabel 1). Data kadar air biji kopi Arabika selama penyimpanan disajikan pada Tabel 1.

Selama proses penyimpanan, terjadi penurunan kualitas biji kopi Arabika yang dapat dilihat dari parameter kadar air. Penurunan kadar air selama penyimpanan disebabkan oleh penggunaan suhu yang tinggi selama penyimpanan. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil penelitian yang menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan maka kadar air akan semakin berkurang dari biji kopi, walaupun jenis kemasan juga memengaruhi persentase penurunan kadar air biji kopi yang disimpan (Gambar 3). Setyani dkk. (2017) menyatakan bahwa semakin tinggi suhu maka semakin banyak uap air yang menguap dari bahan, sehingga kadar air bahan juga semakin menurun.

Penurunan kadar air terbesar selama penyimpanan terjadi pada biji kopi yang disimpan dengan kemasan goni rami sebesar sebesar 12,84%, sedangkan penurunan kadar air terkecil terjadi pada biji kopi yang disimpan dengan kemasan Grainpro dengan penurunan kadar air sebesar 8,68% (Tabel 1). Menurut Coşgun & Torun (2022) dan Savitri dkk. (2022), perubahan kadar air kopi selama penyimpanan tergantung pada suhu penyimpanan. Selama penyimpanan, perubahan kandungan kimia kopi dapat terjadi karena adanya peningkatan suhu yang dapat menurunkan kadar air pada biji kopi. Grafik penurunan kadar air biji kopi untuk masing-masing kemasan disajikan pada Gambar 3.

Penurunan kadar air terkecil pada semua suhu penyimpanan yang diuji terjadi pada biji kopi yang disimpan menggunakan kemasan Grainpro, sedangkan penurunan kadar air terbesar terjadi pada biji kopi yang disimpan menggunakan kemasan goni rami. Hal ini disebabkan karena kemasan Grainpro merupakan kemasan yang memiliki nilai permeabilitas yang paling kecil atau bersifat *impermeable* sehingga bahan yang disimpan tidak mudah mengalami kerusakan atau lebih awet. Menurut Błaszkievicz *et al.* (2023), kantong Grainpro terbuat dari bahan polimer polietilen berlapis (*multilayer*) dengan lapisan penghalang yang sangat kedap udara yang memungkinkan sampel atau bahan yang disimpan tidak akan terpengaruh oleh

kondisi lingkungan sehingga dapat menjaga atau mempertahankan kualitasnya. Goni rami memiliki permeabilitas yang paling tinggi dibandingkan dengan tiga kemasan lainnya sehingga kerusakan pada bahan yang disimpan akan terjadi lebih cepat atau lebih besar. Tripetch & Borompichaichartkul (2019) menyatakan bahwa karung goni memiliki nilai

permeabilitas yang lebih besar terhadap kondisi lingkungan, yang menyebabkan kontaminasi pada biji kopi hijau dan karenanya mengalami degradasi. Selain itu, kantong goni terbuat dari serat organik alami yang dapat terurai yang dapat ditembus oleh air dan gas (Błaszkievicz *et al.*, 2023).

Tabel 1. Kadar air biji kopi dan persentase penurunannya selama penyimpanan

Minggu ke-	Suhu (°C)	Kadar Air (%)			
		Aluminium Foil	Grainpro	Kertas	Goni Rami
0	30	13,76 (0,00)	13,76 (0,00)	13,76 (0,00)	13,76 (0,00)
	40	13,76 (0,00)	13,76 (0,00)	13,76 (0,00)	13,76 (0,00)
	50	13,76 (0,00)	13,76 (0,00)	13,76 (0,00)	13,76 (0,00)
1	30	13,71 (0,39)	13,72 (0,31)	13,70 (0,44)	13,70 (0,47)
	40	13,69 (0,49)	13,71 (0,36)	13,62 (0,99)	13,62 (1,05)
	50	13,64 (0,91)	13,65 (0,82)	13,63 (0,98)	13,61 (1,09)
2	30	13,65 (0,83)	13,66 (0,74)	13,63 (0,98)	13,62 (1,04)
	40	13,60 (1,20)	13,62 (1,01)	13,46 (2,19)	13,43 (2,44)
	50	13,39 (2,73)	13,41 (2,54)	13,35 (2,98)	13,28 (3,52)
3	30	13,57 (1,40)	13,59 (1,27)	13,52 (1,77)	13,50 (1,87)
	40	13,47 (2,12)	13,50 (1,87)	13,24 (3,80)	13,17 (4,29)
	50	13,01 (5,43)	13,05 (5,14)	12,94 (5,94)	12,77 (7,20)
4	30	13,47 (2,12)	13,49 (1,97)	13,39 (2,69)	13,38 (2,81)
	40	13,32 (3,22)	13,36 (2,94)	12,93 (6,03)	12,82 (6,88)
	50	12,52 (9,02)	12,57 (8,68)	12,41 (9,81)	11,99 (12,84)

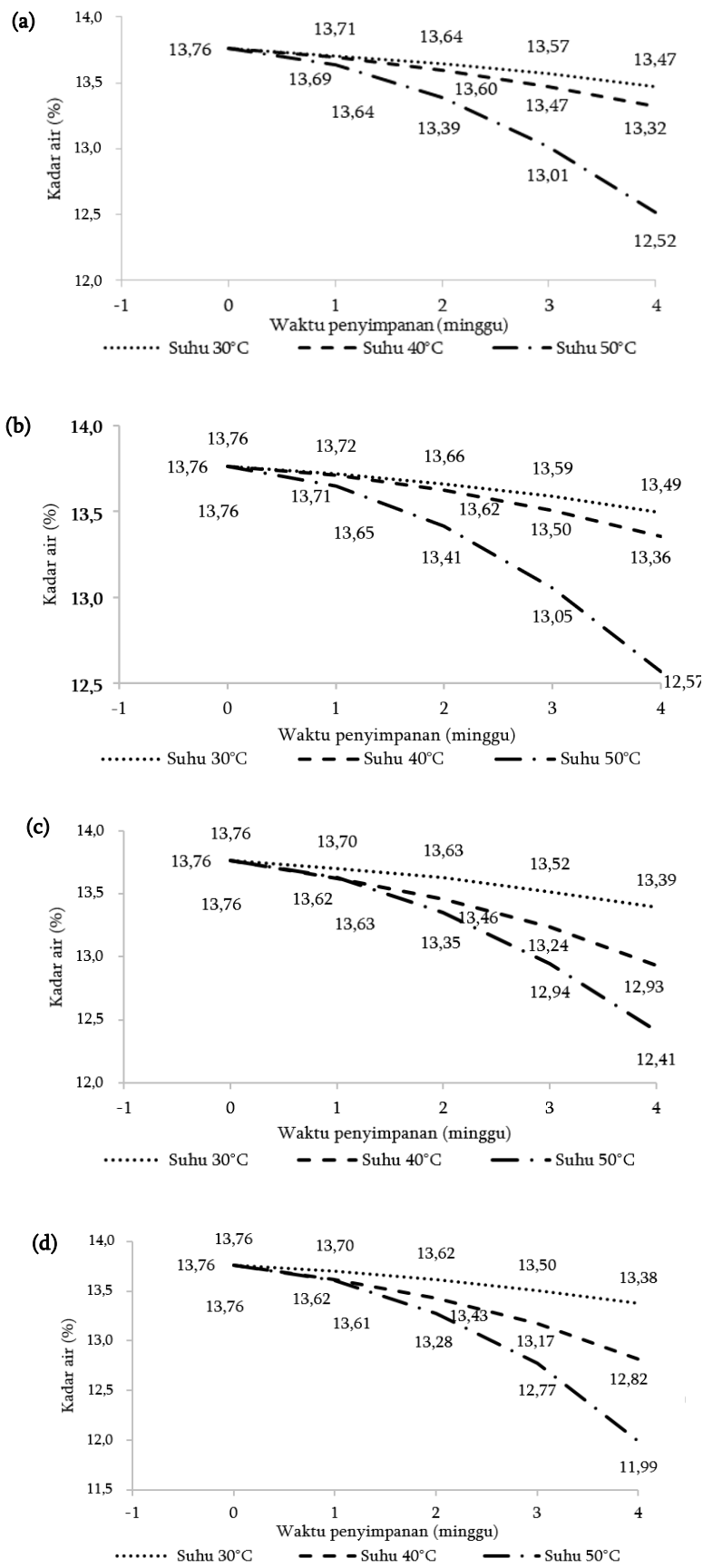
Keterangan: Angka yang ditulis di dalam kurung merupakan persentase penurunan kadar air.

Pendugaan umur simpan biji kopi dimulai dengan penentuan ordo reaksi. Penentuan ordo reaksi dilakukan dengan memplotkan nilai parameter yaitu kadar air sebagai sumbu Y dan waktu penyimpanan sebagai sumbu X untuk masing-masing

jenis kemasan dan dihasilkan persamaan linear dengan nilai k (slope) dan R². Ordo reaksi yang dipilih adalah persamaan ordo reaksi yang memiliki nilai koefisien determinasi (R²) paling besar. Ordo reaksi untuk parameter kadar air dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Ordo reaksi dan persamaan regresi parameter kadar air

Jenis Kemasan	Suhu (°C)	Ordo 0		Ordo 1		Ordo Terpilih
		Slope (k)	R ²	Slope (k)	R ²	
Aluminium Foil	30	-0,0723	0,9838	-0,0053	0,983	Ordo 0
	40	-0,1109	0,9779	-0,0082	0,9766	
	50	-0,3105	0,948	-0,0236	0,9425	
Grainpro	30	-0,0674	0,9773	-0,0049	0,9764	Ordo 0
	40	-0,1018	0,9659	-0,0075	0,9645	
	50	-0,2984	0,9426	-0,0226	0,9372	
Kertas	30	-0,0922	0,9773	-0,0068	0,9761	Ordo 0
	40	-0,2045	0,9732	-0,0153	0,9701	
	50	-0,3382	0,949	-0,0258	0,9431	
Goni Rami	30	-0,0965	0,9794	-0,0071	0,9783	Ordo 0
	40	-0,2338	0,9696	-0,0176	0,966	
	50	-0,4374	0,9293	-0,0339	0,9201	



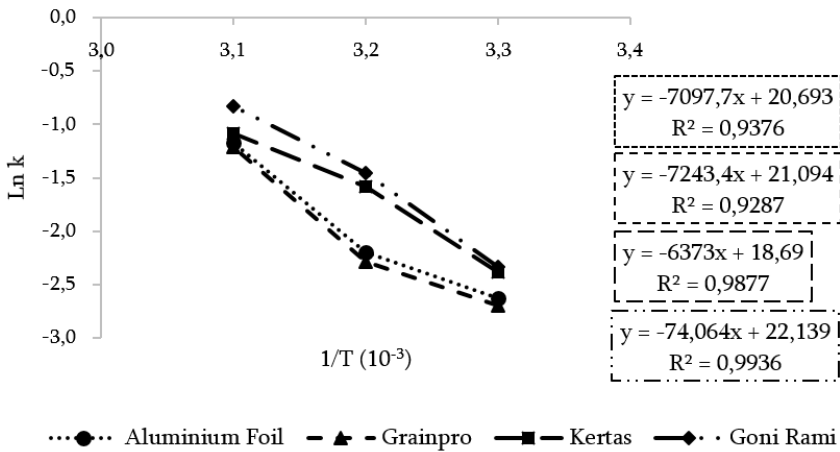
Gambar 3. Grafik penurunan kadar air biji kopi, (a) aluminium foil, (b) Grainpro, (c) kertas, (d) goni rami.

Persamaan yang dipilih adalah persamaan ordo 0 untuk semua jenis kemasan karena nilai R^2 pada persamaan ordo 0 dibandingkan dengan persamaan ordo 1. Grafik ordo 0 menunjukkan terjadinya penurunan kadar air selama penyimpanan dijelaskan dengan adanya kemiringan garis yang semakin menurun seiring dengan semakin lama waktu penyimpanan serta semakin menurun kemiringan garis seiring dengan semakin tinggi suhu yang digunakan selama penyimpanan. Nilai slope yang diperoleh dari masing-masing persamaan ordo 0 dari masing-masing jenis kemasan dan suhu penyimpanan digunakan sebagai nilai k untuk

mendapatkan persamaan Arrhenius dengan membuat grafik $\ln k$ vs $1/T$ untuk masing-masing jenis kemasan. Grafik tersebut dibuat dengan memplotkan nilai $1/T$ sebagai sumbu X dan $\ln k$ sebagai sumbu Y. Grafik hubungan $\ln k$ dan $1/T$ untuk berbagai jenis kemasan untuk parameter kadar air dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan grafik hubungan $\ln k$ dan $1/T$ pada Gambar 5 diperoleh persamaan regresi yang dijadikan sebagai persamaan Arrhenius dengan nilai slope yang digunakan sebagai nilai $-E_a/R$ dan dapat dihitung nilai energi aktivasi (E_a) dari persamaan Arrhenius untuk parameter kadar air yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Persamaan Arrhenius parameter kadar air

Jenis Kemasan	Persamaan Arrhenius	$-E_a/R$	E_a
Aluminium Foil	$y = -7097,7x + 20,693$	-7097,7	14096,03
Grainpro	$y = -7243,4x + 21,094$	-7243,4	14385,39
Kertas	$y = -6373x + 18,69$	-6373,0	12656,78
Goni Rami	$y = -7406,4x + 22,139$	-7406,4	14709,11



Gambar 4. Grafik hubungan $\ln k$ dan $1/T$.

Tabel 4. Nilai $\ln K_0$ dan K parameter kadar air

Jenis Kemasan	Suhu (°C)	$\ln K_0$	K
Aluminium Foil	30	20,693	0,0651
	40		0,1376
	50		0,2777
Grainpro	30	21,094	0,0601
	40		0,1290
	50		0,2641
Kertas	30	18,690	0,0960
	40		0,1881
	50		0,3532
Goni Rami	30	22,139	0,0998
	40		0,2179
	50		0,4534

Nilai *intercept* pada persamaan Arrhenius digunakan sebagai $\ln K_0$ untuk dapat menghitung laju penurunan mutu (K) parameter kadar air biji kopi. Nilai K tersebut kemudian digunakan untuk menghitung dugaan umur simpan produk untuk masing-masing jenis kemasan dan suhu penyimpanan. Nilai $\ln K_0$ dan K untuk masing-masing jenis kemasan dan suhu penyimpanan untuk parameter kadar air dapat dilihat pada Tabel 4.

Kadar air awal biji kopi adalah 13,76% yang dilambangkan sebagai A_0 yang digunakan dalam perhitungan dugaan umur simpan. Kadar air biji kopi 11% adalah batas kadar air yang aman untuk penyimpanan biji kopi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Al-Rosyid & Komarayanti (2021) bahwa

biji kopi yang kering memiliki kadar air 11% untuk menjaga kestabilan selama penyimpanan. Kadar air tersebut dijadikan sebagai kadar air kritis (A_t) yang juga digunakan dalam perhitungan dugaan umur simpan. Hasil pendugaan umur simpan biji kopi dari parameter kadar air untuk masing-masing jenis kemasan dan suhu penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pendugaan umur simpan biji kopi dari parameter kadar air

Jenis Kemasan	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	t (hari)
Aluminium Foil	30	42
	40	20
	50	10
Grainpro	30	46
	40	21
	50	11
Kertas	30	29
	40	15
	50	8
Goni Rami	30	28
	40	13
	50	6

Untuk penentuan umur simpan pada suhu selain suhu yang digunakan dalam penyimpanan dapat dilakukan dengan menghitung nilai faktor percepatan penurunan mutu atau konstanta Q_{10} terlebih dahulu yaitu dengan cara membandingkan nilai konstanta laju penurunan mutu pada suhu T dengan nilai konstanta laju penurunan mutu pada suhu kelipatan 10°C (Khathir dkk., 2015). Pendugaan umur simpan biji kopi pada berbagai suhu penyimpanan dapat dilakukan menggunakan Q_{10} seperti pada suhu 0°C , 10°C , dan 20°C . $H Q_{10}$ untuk kemasan aluminium foil adalah 2,1137, kemasan Grainpro 2,1464, kemasan kertas 1,9594, dan kemasan goni rami 2,1833. Umur simpan biji kopi akan semakin panjang apabila semakin rendah suhu penyimpanan. Sebaliknya, jika semakin tinggi suhu penyimpanan maka semakin singkat umur simpannya. Hasil pendugaan umur simpan pada beberapa suhu penyimpanan yang diuji dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6, biji kopi yang disimpan dengan kemasan Grainpro memiliki umur simpan yang paling panjang untuk semua suhu penyimpanan dibandingkan kemasan lainnya (kemasan aluminium foil, kertas, dan goni rami). Pendugaan umur simpan ini bukan merupakan batasan waktu produk biji kopi tidak layak untuk dikonsumsi, namun merupakan

batasan waktu hingga biji kopi memiliki kadar air yang berada di bawah batas aman penyimpanan. Umur simpan biji kopi dipengaruhi oleh laju penurunan kadar air biji kopi selama penyimpanan. Semakin tinggi laju penurunan kadar air maka akan semakin cepat kerusakan pada biji kopi, sebaliknya apabila semakin rendah laju penurunan kadar air maka akan semakin lama kerusakan baru terjadi pada biji kopi (semakin awet).

Tabel 6. Hasil pendugaan umur simpan biji kopi berdasarkan parameter kadar air

Jenis Kemasan	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	t (hari)
Aluminium Foil	0	397
	10	188
	20	89
Grainpro	0	455
	10	212
	20	99
Kertas	0	219
	10	112
	20	57
Goni Rami	0	290
	10	133
	20	61

Hasil penelitian Mardjan & Hakim (2019) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan umur simpan biji kopi yang dikemas menggunakan kemasan hermetik dan non hermetik berdasarkan dugaan umur simpannya. Biji kopi dapat bertahan hingga 57 hari dengan kemasan hermetik dan 16 hari dengan kemasan non hermetik pada suhu penyimpanan 20°C . Adapun pada suhu penyimpanan 10°C , biji kopi yang disimpan dengan kemasan hermetik dapat bertahan selama 232 hari dan hanya 45 hari apabila disimpan menggunakan kemasan non hermetik. Perbedaan hasil dugaan umur simpan antara penelitian Mardjan & Hakim (2019) dengan penelitian ini disebabkan oleh perbedaan varietas sampel biji kopi, jenis kemasan yang digunakan, kondisi penyimpanan biji kopi (suhu dan kelembapan). Menurut Setyani dkk. (2017), semakin tinggi suhu maka semakin banyak uap air yang menguap dari bahan, sehingga kadar air bahan juga semakin menurun. Selain itu, pengaturan kelembapan relatif diduga juga memengaruhi dugaan umur simpan. Pengaturan kelembapan relatif yang lebih tinggi (80%) pada penelitian Mardjan & Hakim (2019) dibandingkan pengaturan kelembapan relatif pada penelitian ini (60%) diduga menyebabkan perbedaan dugaan umur simpan biji kopi yang diuji.

Kondisi penyimpanan biji kopi akan sangat memengaruhi mutu biji kopi, kondisi penyimpanan yang berbeda akan menghasilkan biji kopi dengan mutu yang berbeda pula.

Umur simpan biji kopi juga dipengaruhi oleh jenis kemasan yang digunakan selama penyimpanan. Masing-masing jenis kemasan memiliki nilai permeabilitas terhadap uap air dan oksigen yang berbeda-beda. Nilai permeabilitas tersebut yang dapat memengaruhi mutu dari biji kopi yang disimpan. Berdasarkan pernyataan Ruslandy (2020), semakin kecil nilai permeabilitas menunjukkan semakin kuat kemasan tersebut dapat mempertahankan kualitas produk yang disimpan. Kemasan Grainpro merupakan kemasan yang memiliki nilai permeabilitas yang paling kecil dibandingkan dengan kemasan aluminium foil, kertas, ataupun goni rami, sehingga biji kopi yang disimpan dengan kemasan Grainpro memiliki umur simpan yang lebih panjang (Błaszkiwicz *et al.*, 2023).

Hasil penelitian ini bermanfaat bagi petani, produsen, distributor maupun konsumen yang membutuhkan metode penyimpanan biji kopi yang dapat mempertahankan mutu kopi secara lebih baik. Selain itu, umur simpan yang lebih panjang serta mutu yang baik dapat membuka peluang ekspor yang lebih luas bagi komoditas kopi Indonesia.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil pendugaan umur simpan biji kopi Arabika asal Sidikalang menggunakan metode ASLT model Arrhenius berdasarkan parameter kadar air adalah umur simpan biji kopi terpanjang (46 hari) diperoleh dari perlakuan biji kopi yang disimpan dengan kemasan Grainpro pada suhu 30 °C, sedangkan umur simpan biji kopi tersingkat (6 hari) terdapat pada perlakuan biji kopi yang disimpan dengan kemasan goni rami pada suhu 50°C. Berdasarkan penentuan umur simpan biji kopi menggunakan Q_{10} , biji kopi dapat bertahan hingga 455 hari pada suhu 0°C dengan kemasan Grainpro. Umur simpan biji kopi akan semakin singkat seiring dengan semakin tinggi suhu penyimpanan yang digunakan.

Berdasarkan hasil penelitian ini, petani, produsen, distributor, ataupun konsumen disarankan dapat melakukan penyimpanan biji kopi dalam kondisi suhu rendah atau menggunakan mesin pendingin, serta menggunakan jenis kemasan Grainpro SuperGrainBag agar dapat

mempertahankan mutu biji kopi dan memiliki umur simpan yang lebih panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, R, D Wiraputra, FD Agrippina, and AZ Andaningrum. 2020. Penurunan kadar kafein pada biji kopi robusta menggunakan fermentasi dengan bakteri asam laktat *Leuconostoc mesenteroides* (B-155) dan *Lactobacillus plantarum* (B-76). Jurnal Dinamika Penelitian Industri. 31(2): 163–169.
- Al-Rosyid, LM, and S Komarayanti. 2021. Teknologi wet process sebagai upaya mereduksi kadar air dalam proses produksi kopi (studi kasus: Dusun Sumbercandik, Desa Panduman, Kec. Jelbuk, Kab. Jember). Jurnal Teknik Lingkungan. 27(2): 23–35.
- Amalia, RR, N Hairiyah, and Nuryati. 2022. Pendugaan umur simpan bumbu bubuk gangan asam khas banjar menggunakan metode ASLT. Jurnal Telnologi Agro-Industri, 9(2): 46–59. <https://doi.org/10.34128/jtai.v9i2.168>.
- [BPS] Badan Pusat Statistik Indonesia. 2023. Statistik Kopi Indonesia 2023. Badan Pusat Statistik Indoneisa. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTMyIzI=/produksi-tanaman-perkebunan.html>.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. 2008. SNI 01-2907-2008. Biji Kopi. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Błaszkiwicz, J, E Nowakowska-Bogdan, K Barabosz, R Kulesza, E Dresler, P Woszczyński, Ł Biłos, DB Matuszek, and K Szkutnik. 2023. Effect of green and roasted coffee storage conditions on selected characteristic quality parameters. Scientific Reports. 13(1): 1–12. doi: 10.1038/s41598-023-33609-x.
- Coşgun, G, and M Torun. 2022. The effect of storage temperature on caffeine, chlorogenic acid and fatty acid composition of turkish coffee. Gida/the Journal of Food. 47: 904–915. <http://dx.doi.org/10.15237/gida.GD22059>.
- Hayati, R, Hasanuddin, and SU Sembiring. 2023. Pengaruh jenis kemasan dan lama waktu penyimpanan terhadap mutu bubuk kopi arabika (*Coffea arabica* L.). Agritech: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian. 25(1): 152–162. <https://dx.doi.org/10.30595/agritech.v25i1.16363>.
- [ICO] International Coffee Organization. 2023. Coffee Development Report 2022-2023.

- Internasional Coffee Organization.
- Khathir, R, Ratna, and MA Puri. 2015. Pendugaan umur simpan jagung manis berdasarkan kandungan total padatan terlarut dengan model Arrhenius. *Agritech*. 35(2): 200–204. <https://doi.org/10.22146/agritech.13831>.
- Mardjan, S, and FR Hakim. 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). doi:10.1088/1757-899X/557/1/012077.
- Muttalib, SA, JNW Karyadi, and N Bintoro. 2019. Analisis kadar air dan aroma blending kopi arabika (*Coffea arabica* L) dan robusta (*Coffea canephora* L) selama penyimpanan dengan principal component analysis (PCA). *Jurnal Agrotek Ummat*. 6(1): 23–27. <https://doi.org/10.31764/agrotek.v6i1.955>.
- Nirwana, NK, FR Eris, RA Riyanto, and NA Putri. 2022. Pendugaan umur simpan food bar talas beneng metode Accelerated Shelf-life Testing (ASLT) model Arrhenius dengan kemasan aluminium foil. *Prosiding Seminar Nasional Instiper*. 1(1): 323–331.
- Novita, E, D Purbasari, and MSM Mubarak. 2021. Pendugaan umur simpan bubuk kopi arabika menggunakan metode Arrhenius dengan kemasan aluminium foil dan plastik (polipropilen). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*. 10(3): 392. <http://dx.doi.org/10.23960/jtep-l.v10i3.392-401>.
- Pane, AP, ANSA Simarsoit, C Ashidiqi, D Carissa, MF Pernanda, M Wulandari, and NAR Lindy. 2022. Peran teknologi penyimpanan biji kopi dalam meningkatkan ketahanan industri kopi pasca pandemi COVID-19. *Prosiding Seminar Nasional BSKJI "Post Pandemic Economy Recovery"*. 2(1): 51–57.
- Pongajow, NJ, GSS Djarkasi, and LC Mandey. 2015. Pendugaan umur simpan halua kenari menggunakan metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) model Arrhenius pada UKM Kepulauan Sitaro. *J. Ilmu dan Teknologi Pangan*. 3(2): 36–47.
- Rahayu, S, Hayata, and A Meilin. 2022. Identifikasi kondisi kerusakan biji kopi liberika tunggal komposit (LIBTUKOM) dan penyebabnya di simpanan. *Jurnal Media Pertanian*. 7(1): 23–30. <http://dx.doi.org/10.33087/jagro.v7i1.143>.
- Riyanti, E, E Silviana, and M Santika. 2020. Analisis kandungan kafein pada kopi seduhan warung kopi di Kota Banda Aceh. *Lantanida Journal*. 8(1): 1–95. <http://dx.doi.org/10.22373/lj.v8i1.5759>.
- Ruslandy, AM. 2020. Pendugaan umur simpan biji kopi Arabika Priangan pada kemasan kertas kraft menggunakan metode kadar air kritis. *Institut Pertanian Bogor*.
- Saolan, A Sukainah, and M Wijaya. 2020. Pengaruh jenis kemasan dan lama waktu penyimpanan terhadap mutu bubuk kopi robusta (*Coffea robusta*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. 6(2): 337–338. <https://doi.org/10.26858/jptp.v6i2.12021>.
- Savitri, DA, AP Arum, HM Suud, OA Farisi, SB Patricia, B Kusmanadhi, and DE Munandar. 2022. Caffeine content of Bondowoso arabica ground coffee with variation of roasting profile and type of packages. *Pelita Perkebunan*, 38(2), 128–136. <http://dx.doi.org/10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v38i2.511>.
- Setyani, S, Subeki, and HA Grace. 2017. Karakteristik sensori, kandungan kafein, dan asam klorogenat kopi bubuk robusta (*Coffea canephora* L.) di Tanggamus, Lampung. *Seminar Nasional Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI) Bandar Lampung*.
- Silaban, R, H Sinaga, and T Karo-Karo. 2023. Pengaruh jenis kemasan terhadap karakteristik fisikokimia dan sensori kopi arabika gayo dengan metode pengolahan semi basah. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*. 18(2): 13–21. <http://dx.doi.org/10.26623/jtphp.v18i2.7259>.
- Surahman, DN, R Ekafitri, D Desnilasari, L Ratnawati, J Miranda, W Cahyadi, and A Indriati. 2020. Pendugaan umur simpan snack bar pisang dengan metode Arrhenius pada suhu penyimpanan yang berbeda. *Biopropal Industri*. 11(2): 127–137. <http://dx.doi.org/10.36974/jbi.v11i2.5898>.
- Tripetch, P, and C Borompichaichartkul. 2019. Effect of packaging materials and storage time on changes of colour, phenolic content, chlorogenic acid and antioxidant activity in arabica green coffee beans (*Coffea arabica* L. cv. Catimor). *Journal of Stored Products Research*. 84: 101510. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101510>.