

PENDUGAAN UMUR SIMPAN TIWUL DAN GATOT MENGGUNAKAN METODE *ACCELERATED SHELF LIFE TESTING* (ASLT) MODEL ARRHENIUS

Shelf Life Prediction of Tiwul and Gatot Using Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) Method of Arrhenius Model

Yushinta Aristina Sanjaya*, Rosida, Awanda Winar Fitriana

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional
"Veteran" Jawa Timur, 60294, Indonesia

*e-mail : yushinta.a.tp@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Tiwul dan Gatot merupakan makanan tradisional khas daerah Gunung Kidul, Yogyakarta yang berbahan dasar singkong. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui umur simpan produk berbahan dasar singkong yaitu tiwul dan gatot dengan metode *Accelerated Shelf Life Testing* berdasarkan persamaan Arrhenius. Umur simpan ditentukan dengan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* dengan persamaan Arrhenius. Percobaan dilakukan pada suhu 15°C, 25°C, dan 35°C selama 8 hari. Setiap dua hari sekali, dilakukan tes kadar air untuk mengetahui laju penurunan mutu produk. Umur simpan tiwul dengan metode ASLT model Arrhenius adalah 119 hari (3,91 bulan) pada suhu 25°C. Umur simpan gatot dengan metode ASLT model Arrhenius adalah 57 hari (1,87 bulan) pada suhu 25°C.

Kata kunci: Tiwul, Gatot, umur simpan, Arrhenius, suhu penyimpanan

ABSTRACT

Tiwul and Gatot are traditional foods typical of the Gunung Kidul region, Yogyakarta which are made from cassava. This study aims to determine the shelf life of cassava-based products, namely tiwul and gatot, using the Accelerated Shelf Life Testing method based on the Arrhenius equation. Shelf life was determined using the Accelerated Shelf Life Testing method with the Arrhenius equation. The experiment was conducted at 15°C, 25°C, and 35°C for 8 days. Every two days, a moisture content test was conducted to determine the rate of product deterioration. The shelf life of tiwul using the Arrhenius model ASLT method was 119 days (3.91 months) at 25°C. The shelf life of gatot using the Arrhenius model ASLT method was 57 days (1.87 months) at 25°C.

Keyword: Tiwul, Gatot, shelf life, Arrhenius, storage temperature

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki berbagai macam makanan khas tradisional yang terbuat dari olahan singkong. Beberapa contoh makanan tradisional yang terbuat dari singkong adalah Gatot dan Tiwul. Gatot dan Tiwul merupakan makanan khas yang berasal dari daerah Gunung Kidul, Yogyakarta (Prastanti & Komariah, 2018). Tiwul merupakan salah satu makanan yang berbahan dasar singkong yang banyak ditanam dan dibudidayakan di Indonesia. Tiwul terbuat dari tepung gaplek. Gaplek merupakan singkong yang telah dikupas kemudian dikeringkan (Sulistyowati *et al.*, 2016).

Menurut Maysaroh *et al.*, (2018) tiwul adalah hasil olahan dari tepung ubi kayu yang ditambahkan air hingga basah dan dibentuk butiran seukuran biji kacang hijau untuk dikukus dan dikonsumsi. Tiwul umumnya dapat dikonsumsi dengan cara menambahkan kelapa parut (Rukmini dan Naufalin, 2015). Tiwul memiliki karakteristik berupa butiran berwarna kuning kecoklatan dengan tekstur pulen semi basah dan agak menggumpal. Tiwul juga memiliki ciri khas lain yaitu rasa yang unik dan aroma singkong yang kuat (Izzulhaq *et al.*, 2023).

Gatot berasal dari singkong yang terfermentasi secara spontan dan memiliki bercak kehitaman di permukaannya. Bercak kehitaman pada gatot adalah tanda dari adanya jamur *Acremonium charticola* yang tinggi akan tanin dan fenol serta aprobiotik

yang baik untuk saluran pencernaan, sedangkan jamur lainnya pada gathot, *Rhizopus oryzae*, mengandung flavonoid tinggi (Yudiarti dan Sugiharto, 2016). Gatot biasanya dikonsumsi oleh masyarakat dengan cara dikukus dan disajikan dengan kelapa parut serta gula ataupun garam (Pradana *et al.*, 2022). Menurut Ratnادهيتا *et al.*, (2023) gatot di kalangan masyarakat masih terbatas sebagai pangan tradisional dengan jangka waktu penyimpanannya yang tidak terlalu lama. Produk yang terbuat dari bahan alami seperti tiwul dan gatot harus diketahui umur simpannya agar dapat terjaga kualitasnya selama dikonsumsi.

Umur simpan merupakan informasi penting bagi konsumen yang harus tertera dalam sebuah produk pangan. Umur simpan merupakan salah satu hal penting yang harus ada pada setiap produk pangan, baik pangan kering, basah, maupun semi basah (Nirwana *et al.*, 2022). Umur simpan berkaitan erat dengan keamanan pangan dan untuk memberikan jaminan kualitas yang baik ketika produk sampai ke tangan konsumen. Menurut Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Nomor 31 Tahun 2018 tentang Label Pangan Olahan, salah satu keterangan yang harus tercantum dalam label pangan olahan adalah tanggal kadaluarsa produk.

Umur simpan atau *shelf life* didefinisikan sebagai rentang waktu yang dimiliki suatu produk mulai dari produksi

hingga konsumsi sebelum produk mengalami penurunan kualitas atau rusak dan tidak layak untuk dikonsumsi dan hal ini berhubungan dengan kualitas pangan (Asiah *et al.*, 2018). Pendugaan umur simpan dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT). Metode ASLT adalah penentuan umur simpan produk dengan cara mempercepat perubahan mutu pada parameter kritis. Metode ini menggunakan kondisi lingkungan yang dapat mempercepat reaksi penurunan mutu produk pangan (Arpah dan Syarief, 2000). Salah satu faktor kerusakan produk pangan adalah suhu penyimpanan. Peningkatan suhu menyebabkan perubahan mutu cepat terjadi, sehingga menyebabkan umur simpan pendek (Diniyah *et al.*, 2015). Suhu yang tidak normal saat penyimpanan produk dapat menyebabkan terjadinya perubahan mutu produk dengan cepat, sehingga dapat menurunkan umur simpan (Hariyadi, 2004). Salah satu metode ASLT adalah model Arrhenius. Menurut Novita *et al.*, (2021) model Arrhenius merupakan model yang memperkirakan umur simpan dengan menggunakan kerusakan yang diakibatkan oleh penggunaan suhu dan kelembaban yang tinggi sehingga mempercepat kerusakan produk.

Penelitian mengenai pendugaan umur simpan pada produk tiwul instan telah dilakukan oleh Agustia *et al.* (2021)

menggunakan metode ASLT model pendekatan kadar air kritis dengan menggunakan dua jenis kemasan yang berbeda. Berdasarkan hal tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah melakukan pendugaan umur simpan tiwul dengan model pendekatan lain yaitu model Arrhenius menggunakan tiga suhu yang berbeda. Selain itu, dalam penelitian ini juga dilakukan pendugaan umur simpan dengan metode ASLT model Arrhenius pada produk olahan ubi kayu lainnya yaitu gatot.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tiwul dan gatot. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah inkubator, oven

Metode

Umur simpan tiwul dan gatot ditentukan dengan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) menggunakan persamaan Arrhenius. Tiwul dan Gatot baru saja diproduksi dikelompokkan menjadi 3 dan masing-masing disimpan pada suhu berbeda, yaitu 15°C, 25°C, dan 35°C. Setiap dua hari sekali selama 8 hari dilakukan analisa kadar air menggunakan metode gravimetri (AOAC, 2005).

Menurut Mardjan & Hakim (2019), data hasil pengamatan selanjutnya diplotkan terhadap waktu sehingga didapatkan 3

persamaan regresi linier dan diketahui nilai konstanta laju reaksi (k) atau penurunan mutu untuk masing-masing suhu. Selanjutnya nilai k diplotkan terhadap suhu percobaan menurut persamaan Arrhenius dengan slope adalah $-E/R$ dan intersep $\ln k_0$, maka akan diperoleh persamaan laju reaksi pada suhu penyimpanan yang diuji dengan persamaan sebagai berikut :

$$k = k_0.e^{-E/RT} \dots \dots \dots (1)$$

dimana,

k = konstanta penurunan mutu

k_0 = konstanta (tidak tergantung pada suhu)

E = energi aktivasi

T = suhu mutlak (K)

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

Konstanta laju reaksi dipakai untuk menghitung perkiraan umur simpan tiwul dan gatot dengan persamaan reaksi ordo 0 seperti berikut :

$$T = (A_0 - A_t)/K \dots \dots \dots (2)$$

Sedangkan persamaan reaksi ordo 1 seperti berikut :

$$T = (\ln A_0 - \ln A_t)/K \dots \dots \dots (2)$$

dimana,

A_0 = nilai karakteristik mutu awal

A_t = nilai karakteristik mutu akhir

K = laju penurunan mutu pada suhu T

T = umur simpan (hari)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinetika Laju Penurunan Mutu Tiwul dan Gatot Terhadap Parameter Kadar Air

Kadar air merupakan sifat fisik bahan yang menunjukkan banyaknya air yang terkandung dalam bahan, dinyatakan dalam persen (Pulungan *et al.*, 2016). Kadar air merupakan karakteristik yang sangat penting pada bahan pangan, karena air dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, dan cita rasa pada bahan pangan (Winarno, 2008). Hasil analisa kadar air tiwul dan gatot pada tiga suhu penyimpanan yang berbeda dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Nilai perubahan kadar air tiwul yang disimpan pada suhu 15°C, 25°C dan 35°C

Kadar Air (%)			
Hari ke-	Suhu 15°C	Suhu 25°C	Suhu 35°C
0	8,22	8,24	8,25
2	8,3	8,44	8,64
4	8,36	8,58	8,78
6	8,48	8,66	8,9
8	8,56	8,86	9,12

Tabel 2. Nilai perubahan kadar air gatot yang disimpan pada suhu 15°C, 25°C dan 35°C

Kadar Air (%)			
Hari ke-	Suhu 15°C	Suhu 25°C	Suhu 35°C
0	9,03	9,03	9,04
2	9,1	9,19	9,33
4	9,2	9,3	9,59
6	9,32	9,45	9,82
8	9,4	9,63	9,98

Berdasarkan **Tabel 1** dan **Tabel 2** dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan kadar air tiwul dan gatot seiring dengan meningkatnya waktu dan suhu penyimpanan.

Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Sukesi *et al.*, (2023) bahwa perubahan kadar air yang semakin tinggi dipengaruhi oleh perubahan suhu dan semakin lamanya masa penyimpanan.

Perubahan kadar air diduga terjadi karena penyerapan air dari lingkungan sekitar dikarenakan produk pangan hasil pertanian seperti tiwul dan gatot memiliki sifat higroskopis. Menurut Pulungan *et al.* (2016), secara alami, komoditas pertanian baik sebelum maupun sesudah diolah bersifat higroskopis, yaitu dapat menyerap air dari lingkungan, dan sebaliknya dapat melepaskan sebagian air ke lingkungan. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan kadar air, sehingga penting untuk diamati perubahannya. Selain itu, menurut Wulandari *et al.* (2013) peningkatan kadar air pada produk pangan juga dapat dipengaruhi oleh kelembaban udara ruang penyimpanan.

Pemilihan Ordo Reaksi

Penentuan umur simpan dengan metode Arrhenius diawali dengan memplotkan hasil perubahan mutu selama 8 hari pada kurva perubahan mutu dan waktu untuk dilakukan pemilihan ordo reaksinya. Ordo reaksi nol nilai R^2 diambil dari data asli hasil yaitu dari persamaan kurva antara lama penyimpanan (sumbu x) dan hasil pengamatan pada parameter tertentu (sumbu y), sedangkan untuk ordo reaksi satu diambil dari data asli yang sudah diubah bentuk yaitu

dari persamaan kurva antara lama penyimpanan (sumbu x) dengan ln hasil perubahan mutu tiap parameter (sumbu y). Setelah itu, dibandingkan antara ordo reaksi nol dan satu, dengan melihat nilai R^2 yang lebih tinggi atau lebih linier. Pemilihan ordo reaksi didasarkan pada nilai R^2 terbesar (Surahman *et al.*, 2020). Menurut Rahman *et al.* (2019) untuk menentukan umur simpan dilihat dari nilai R^2 yang paling linier atau akurat. Ordo reaksi untuk parameter kadar air pada Tiwul dan Gatot dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

Tabel 3. Ordo reaksi parameter kadar air Tiwul

Suhu (°C)	R^2 Ordo Nol	R^2 Ordo Satu	Ordo Terpilih
15	0,9898	0,9905	Ordo 0
25	0,9818	0,9809	
35	0,9486	0,9427	

Tabel 4. Ordo reaksi parameter kadar air Gatot

Suhu (°C)	R^2 ordo Nol	R^2 ordo Satu	Ordo Terpilih
15	0,9931	0,9934	Ordo 1
25	0,9942	0,9950	
35	0,9891	0,9862	

Persamaan Regresi Linier untuk Parameter Kadar Air Tiwul

Nilai kadar air tiwul hasil penelitian (**Tabel 1**) kemudian diplotkan untuk memperoleh data persamaan regresi. **Tabel 5** menunjukkan persamaan regresi linier untuk parameter kadar air pada produk tiwul.

Tabel 5. Persamaan regresi linier untuk parameter kadar air pada produk tiwul

Suhu (°C)	Persamaan Regresi Linier (y)	R ²
15	$y = 0.043x + 8.212$	0,9898
25	$y = 0.073x + 8.264$	0,9818
35	$y = 0.1x + 8.338$	0,9486

Tabel 6. Parameter persamaan Arrhenius perubahan kadar air tiwul selama penyimpanan

Suhu (K)	1/T	k	Ln k
288	0,003472222	0,043	-3,14655516
298	0,003355705	0,073	-2,61729583
308	0,003246753	0,1	-2,30258509

Pada **Tabel 6** diperoleh nilai konstanta penurunan (k) yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya suhu penyimpanan. Nilai k menyatakan laju reaksi perubahan kadar air, laju reaksi yang besar dapat diketahui apabila nilai k besar dan begitu pula sebaliknya apabila nilai k kecil maka laju reaksi juga kecil. Selanjutnya penentuan umur simpan tiwul dengan memplotkan nilai k ketiga suhu pada persamaan Arrhenius, yaitu $\ln k = \ln k_0 - (E/R)(1/T)$. Parameter persamaan Arrhenius perubahan kadar air $\ln k$ dan $1/T$ tiwul dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Persamaan regresi linier diperoleh dengan cara memplotkan nilai $1/T$ dan $\ln k$, sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresi linier model Arrhenius untuk produk tiwul adalah $y = -3752,4x + 9.9126$ dengan nilai $R^2 = 0,9841$. Berdasarkan nilai

persamaan regresi linier tersebut didapatkan bahwa nilai koefisien korelasi mendekati angka 1 atau $R \approx 1$, artinya suhu sangat berpengaruh terhadap reaksi perubahan kadar air.

Persamaan Regresi Linier untuk Parameter Kadar Air Gatot

Nilai kadar air gatot hasil penelitian (**Tabel 2**) kemudian diplotkan untuk memperoleh data persamaan regresi. **Tabel 7** menunjukkan persamaan regresi linier untuk parameter kadar air pada produk tiwul.

Tabel 7. Persamaan regresi linier untuk parameter kadar air pada produk gatot

Suhu (°C)	Persamaan Regresi Linier (y)	R ²
15	$y = 0.048x + 9.018$	0,9934
25	$y = 0.073x + 9.028$	0,9950
35	$y = 0.1185x + 9.078$	0,9862

Tabel 8. Parameter persamaan Arrhenius perubahan kadar air gatot selama penyimpanan

Suhu (K)	1/T	k	Ln k
288	0,003472222	0,048	-3,036554268
298	0,003355705	0,073	-2,617295838
308	0,003246753	0,1185	-2,132842318

Pada **Tabel 8** diperoleh nilai konstanta penurunan (k) yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya suhu penyimpanan. Nilai k menyatakan laju reaksi perubahan kadar air, laju reaksi yang besar dapat diketahui apabila nilai k besar dan begitu pula sebaliknya apabila nilai k kecil maka laju reaksi juga kecil. Selanjutnya penentuan umur simpan gatot dengan memplotkan nilai k ketiga suhu pada

persamaan Arrhenius, yaitu $\ln k = \ln k_0 - (E/R)(1/T)$. Parameter persamaan Arrhenius perubahan kadar air $\ln k$ dan $1/T$ gatot dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Persamaan regresi linier diperoleh dengan cara memplotkan nilai $1/T$ dan $\ln k$, sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresi linier model Arrhenius untuk produk gatot adalah $y = -4003.4x + 10.849$ dengan nilai $R^2 = 0,9963$. Berdasarkan nilai persamaan regresi linier tersebut didapatkan bahwa nilai koefisien korelasi mendekati angka 1 atau $R \approx 1$, artinya suhu sangat berpengaruh terhadap reaksi perubahan kadar air.

Penentuan Umur Simpan Tiwul

Pendugaan umur simpan dilakukan dengan menghitung energi aktivasi (E) yang diperoleh dari persamaan regresi linier. *Slope*

(E/R) dengan nilai $R = 1,986$ kal/mol, maka energi aktivasi = *slope* x R . Hasil perhitungan energi aktivasi parameter kadar air adalah 7452,2664 kal/mol. Nilai energi aktivasi selanjutnya diplotkan pada persamaan $k = k_0 \cdot e^{-E/RT}$ sehingga akan diperoleh nilai k dari persamaan untuk menghitung umur simpan tiwul. Nilai k untuk parameter kadar air yaitu 0,068607988. Nilai k kemudian diplotkan dalam persamaan kinetika reaksi ordo nol dengan rumus $T = (A_0 - A_t) / k$, sehingga dapat diperoleh umur simpan produk tiwul. Hasil perhitungan umur simpan produk tiwul pada suhu berdasarkan model Arrhenius dapat dilihat pada **Tabel 9**. Berdasarkan **Tabel 9** dapat diketahui bahwa umur simpan produk tiwul pada suhu ruang (25°C) adalah 119 hari atau sekitar 3,91 bulan berdasarkan parameter kadar air.

Tabel 9. Hasil perhitungan umur simpan produk tiwul

Suhu (°C)	(1/T) K	k	Ln k	Ea	K ₀	Laju penurunan mutu (K)	Umur Simpan (Hari)
15	0,003472222	0,048	-3,036554	7452,26	20183,081	0,0443090	183
25	0,003355705	0,073	-2,617295			0,0686079	119
35	0,003246753	0,1185	-2,132842			0,1032587	78

Pada parameter kadar air terlihat bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan, laju penurunan mutu tiwul akan semakin tinggi. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa laju penurunan mutu sangat berpengaruh terhadap masa simpan yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan menurut Aprialdi *et al.*, (2024) semakin tingginya suhu

penyimpanan, semakin cepat laju reaksi pada senyawa kimia, sehingga umur simpan terhadap produk menjadi lebih singkat.

Umur simpan tiwul yang paling lama diperoleh pada penyimpanan suhu 15°C yaitu selama 183 hari. Sedangkan, pada suhu 25°C dan 35°C tiwul memiliki umur simpan selama 119 dan 78 hari. Semakin tinggi suhu

penyimpanan maka umur simpan yang dihasilkan akan semakin rendah.

Penentuan Umur Simpan Gatot

Pendugaan umur simpan dilakukan dengan menghitung energi aktivasi (E) yang diperoleh dari persamaan regresi linier. *Slope* (E/R) dengan nilai R = 1,986 kal/mol, maka energi aktivasi = *slope* x R. Hasil perhitungan energi aktivasi parameter kadar air adalah 7950,7524 kal/mol. Nilai energi aktivasi selanjutnya diplotkan pada persamaan $k = k_0 \cdot e^{-E/RT}$ sehingga akan diperoleh nilai k dari persamaan untuk menghitung umur simpan

Tabel 10. Hasil perhitungan umur simpan produk gatot

Suhu (°C)	(1/T) K	k	Ln k	Ea	K ₀	Laju penurunan mutu (K)	Umur Simpan (Hari)
15	0,0034722	0,048	-3,0365542			0,0472787	91
25	0,0033557	0,073	-2,6172958	7950,75	51482,642	0,0753788	57
35	0,0032467	0,1185	-2,1328423			0,1165946	37

Pada parameter kadar air terlihat bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan, laju penurunan mutu gatot akan semakin tinggi. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa laju penurunan mutu sangat berpengaruh terhadap masa simpan yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan menurut Surahman *et al.*, (2020) semakin tinggi laju penurunan mutu menghasilkan umur simpan produk yang semakin singkat.

Umur simpan gatot yang paling lama diperoleh pada penyimpanan suhu 15°C yaitu

gatot. Nilai k untuk parameter kadar air yaitu 0,075378877. Nilai k kemudian diplotkan dalam persamaan kinetika reaksi ordo satu dengan rumus $T = (\ln A_0 - \ln A_t) / k$, sehingga dapat diperoleh umur simpan produk gatot. Hasil perhitungan umur simpan produk gatot pada suhu berdasarkan model Arrhenius dapat dilihat pada **Tabel 10**. Berdasarkan **Tabel 10** dapat diketahui bahwa umur simpan produk gatot pada suhu ruang (25°C) adalah 57 hari atau sekitar 1,87 bulan berdasarkan parameter kadar air.

selama 91 hari. Sedangkan, pada suhu 25°C dan 35°C gatot memiliki umur simpan selama 57 dan 37 hari. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka umur simpan yang dihasilkan akan semakin rendah.

KESIMPULAN

Pendugaan umur simpan tiwul dan gatot dapat dilakukan menggunakan metode Arrhenius pada suhu penyimpanan yang berbeda. Semakin tinggi suhu penyimpanan dapat mempercepat proses penurunan mutu

produk. Umur simpan tiwul menggunakan metode Arrhenius memiliki umur simpan selama 119 hari jika disimpan pada suhu ruang 25°C. Umur simpan produk gatot menggunakan metode Arrhenius memiliki umur simpan selama 57 hari jika disimpan pada suhu ruang 25°C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Kemdikbudristek untuk Program Kompetisi Kampus Merdeka, dan CV. Riang Java Food.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustia, F. C., Rukmini, H. S., Naufalin, R., & Ritonga, A. M. (2021). Pendugaan Umur Simpan Tiwul Instan yang Dikemas dalam *Aluminium Foil* dan Polietilen dengan Metode Akselerasi Berdasarkan Pendekatan Kadar Air Kritis. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 10(1), 27-32.
- Aprialdi, M. A., Kartikaratri, T. R., Hariyanto, I., Ibrahim, R. N., Khoer, S. A., Syafir, E. J., Zein, H.F. & Kurniawan, M. F. (2024). Studi Kasus: Analisis Praduga *Frozen Food* Rabokki Terhadap Umur Simpan dan Penurunan Nilai Mutu produk Menggunakan Metode Arrhenius. *Karimah Tauhid*, 3(9), 9714-9726.
- Arpah, M., & Syarief, R. (2000). Evaluasi Model-Model Pendugaan Umur Simpan Pangan dari Difusi Hukum Fick Unidireksional. *Buletin Teknologi dan Industri Pangan*, 9(1), 11-16
- Asiah, N., Cempaka, L., & David, W. (2018). *Panduan Praktis Pendugaan Umur Simpan Produk Pangan*. In NBER Working Papers. Jakarta : Universitas Bakrie Press.
- Izzulhaq, F., Alvianna, S., Windhyastiti, I., & Ratnaningsih, C. S. (2023). Peran Sentuhan Gastronomi pada Hidangan Kuliner Nasi Tiwul Khas Trenggalek. *Jurnal TESLA: Perhotelan-Destinasai Wisata-Perjalanan Wisata*, 3(1), 49-55.
- Diniyah, N., Subagio, A., & Akhiriani, A. (2015). Pendugaan Umur Simpan "Beras Cerdas" Berbasis Mocaf, Tepung Jagung Menggunakan Metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) Pendekatan Arrhenius. *Warta Ihp*, 32(1), 1–8.
- Hariyadi, P. (2004). *Prinsip-prinsip pendugaan masa kedaluwarsa dengan metode Accelerated Shelf Life Test*. Pelatihan Pendugaan Waktu Kedaluwarsa (Self Life). Pusat Studi Pangan dan Gizi: Institut Pertanian Bogor.
- 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).
- Maysaroh, M., Irianto, H., & Adi, R. K. (2018). Supply Chain Management Ubi Kayu (*Manihot esculenta*) di Agroindustri Tiwul Instan Kabupaten Gunungkidul. *Agriecobis*, 1(2), 53-65.
- Nirwana, N. K., Eris, F. R., Riyanto, R. A., & Putri, N. A. (2022). Pendugaan Umur Simpan Food Bar Talas Beneng Metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) Model Arrhenius dengan Kemasan Aluminium Foil. In *Prosiding Seminar Nasional Instipen*, 1(1), 323-331.
- Novita, E., Purbasari, D., & Mubarak, S. (2021). Pendugaan Umur Simpan Bubuk Kopi Arabika Menggunakan

- Metode Arrhenius dengan Kemasan Aluminium Foil dan Plastik (Polipropilen). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(3), 392-401.
- Pradana, D. O., Pangesthi, L. T., Purwidiani, N., & Astuti, N. (2022). Pengaruh Substitusi Tepung Gatot Istan dan Penambahan Bubuk Kelor Terhadap Sifat Organoleptik Nastar. *Jurnal Tata Boga (JTB)*, 11(2), 44-53.
- Prastanti, A. P., & Komariah, K. (2018). Preferensi Konsumen terhadap Gatot Tiwul Yu Tum di Gunungkidul. *Journal of Culinary Education and Technology*, 7(1).
- Pulungan, M. H., Sucipto, S., & Sarsiyani, S. (2016). Penentuan Umur Simpan Pia Apel dengan Metode ASLT (studi kasus di UMKM Permata Agro Mandiri Kota Batu). *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 5(2), 61-66.
- Ratnaduhita, A., Nugroho, D. F., & Wijayanti, D. A. (2023). Upaya Pemanfaatan Gathot (Singkong Terfermentasi) Sebagai Pakan Ternak Menjadi Beras Analog. *Jurnal Agriovet*, 5(2), 191-202.
- Rukmini, H. S., & Naufalin, R. (2015). Formulasi tiwul instan tinggi protein melalui penambahan lembaga sereal dan konsentrat protein kedelai. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 25(3).
- Sukesi, R., Syska, K., & Nurhayati, A. D. (2023). Pendugaan Umur Simpan Buah Melon (*Cucumis melo L.*) Terolah Minimal Menggunakan Metode ASLT (Accelerated Shelf Life Test) Model Arrhenius. *Jurnal Agritechno*, 16(2), 158-166.
- Sulistiyowati, M., Winarna, W., & Haryanto, A. T. (2016). Pelatihan dan Pendampingan pada Pengusaha Tiwul Ayu Berbahan Dasar Tepung Ketela Pohon dalam Rangka Ketahanan Pangan Kabupaten Wonogiri. *Jurnal Abdimas*, 20(2), 101-106.
- Surahman, D. N., Ekafitri, R., Desnilasari, D., Ratnawati, L., Miranda, J., Cahyadi, W., & Indriati, A. (2020). Pendugaan Umur Simpan *Snack Bar* Pisang Dengan Metode Arrhenius Pada Suhu Penyimpanan Yang Berbeda (*Estimation of Banana Snack Bar Shelf Life with Different Storage Temperatures Using Arrhenius Method*). *Biopropal Industri*, 11(2), 127-137.
- Winarno, F.G. 2008. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta : PT.Gramedia.