

**DETERMINATION OF THE SHELF LIFE OF BLACK SESAME BODY SCRUB POWDER
WITH THE ACCELERATED SHELF LIFE TESTING METHOD MODEL LABUZA**

**PENENTUAN UMUR SIMPAN BLACK SESAME BODY SCRUB POWDER DENGAN
METODE ACCELERATED SHELF LIFE TESTING MODEL LABUZA**

Thesalonika Racheltauli Putri Silaen, Anak Agung Made Dewi Anggreni*, Ni Made Wartini

Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit
Jimbaran, Badung, Indonesia

Diterima 27 September 2024 / Disetujui 25 November 2024

ABSTRACT

Shelf life is an important aspect and requirement in the production of a product. Until now, the shelf life of black sesame body scrub powder products is still unknown. This study aims to determine the sorption isotherm characteristics of water and the shelf life of black sesame body scrub powder using the Accelerated Shelf Life Testing Model Labuza method. This research was conducted in two stages, namely analysis of water sorption isotherm characteristics and estimation of shelf life. The results showed that the water sorption isotherm characteristics of black sesame body scrub powder were sigmoid (type II) and the shelf life of the product at 28°C, 75% humidity, in polyethylene packaging of 0.13 mm thickness, cross-sectional area of 0.064 m², with a sample weight of 1000 g was 19.65 months or 1.6 years while with polyethylene packaging of 0.13 mm thickness, cross-sectional area of 0.0234 m², with a sample weight of 100 g was 5.37 months or 0.4 years.

Keywords: shelf life, scrub powder, ASLT, Labuza method, Henderson Model

ABSTRAK

Umur simpan adalah aspek penting dan persyaratan dalam produksi suatu produk. Sampai saat ini umur simpan dari produk *black sesame body scrub powder* masih belum diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik isotermis sorpsi air dan umur simpan *black sesame body scrub powder* dengan metode *Accelerated Shelf Life Testing Model Labuza*. Penelitian ini dilakukan dengan dua tahap yaitu analisis karakteristik isotermis sorpsi air dan pendugaan umur simpan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik isotermis sorpsi air *black sesame body scrub powder* adalah sigmoid (tipe II) dan umur simpan produk pada suhu 28°C, kelembaban 75%, dalam kemasan polietilen ketebalan 0,13 mm, luas penampang kemasan 0,064 m², dengan berat sampel 1000 g adalah 19,65 bulan atau 1,6 tahun sedangkan dengan kemasan polietilen ketebalan 0,13 mm, luas penampang kemasan 0,0234 m², dengan berat sampel 100 g adalah 5,37 bulan atau 0,4 tahun.

Kata kunci : umur simpan, *body scrub*, ASLT, metode Labuza, Model Henderson

PENDAHULUAN

Scrub atau juga dikenal sebagai lulur adalah produk kosmetik untuk tubuh yang berfungsi merawat dan membersihkan kulit, serta mengangkat sel-sel kulit mati dengan butiran-butiran halus. Produk *scrub* ini biasanya dibuat dari bahan-bahan alami seperti garam, gula, atau bubuk biji-bijian. Salah

* Korespondensi Penulis :

Email : dewianggreni@unud.ac.id

satu contoh penggunaan biji-bijian sebagai bahan utama *scrub* adalah biji wijen hitam (*black sesame*). *Black sesame body scrub* memiliki berbagai manfaat, seperti menenangkan iritasi kulit karena mengandung antibakteri, melembabkan kulit, meratakan warna kulit, mengangkat sel kulit mati, serta memudahkan bekas luka. Di PT. Spa Factory Bali, produk *black sesame body scrub* dikemas dalam wadah plastik polietilen (PE) dengan ukuran 5 kg. Pengemasan memberikan ciri khas pada produk, meningkatkan nilai jual, melindungi produk dari pengaruh lingkungan, serta berfungsi sebagai media informasi mengenai produk (Irawati dan Hardiastuti, 2016). Informasi yang terkandung dalam kemasan meliputi merek, cara penggunaan, komposisi, berat bersih, fitur umum produk, takaran penyajian, kode produksi, dan tanggal kedaluwarsa produk tersebut. Tak hanya itu, pengemasan juga dapat mempengaruhi umur simpan produk yang dikemas.

Umur simpan merujuk pada jangka waktu dari saat produk dikemas atau diproduksi hingga digunakan, di mana kualitasnya tetap memenuhi standar yang layak untuk dikonsumsi atau digunakan, asalkan disimpan sesuai dengan kondisi yang direkomendasikan (Ijayanti et al., 2020). Umur simpan sebuah produk dapat ditentukan dengan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT), yaitu teknik menentukan umur simpan produk berdasarkan keadaan lingkungan yang dirancang untuk meningkatkan laju reaksi penurunan kualitas produk, sehingga proses penentuan umur simpan bisa ditinjau dalam waktu yang lebih singkat (Agustia et al., 2021). Penelitian umur simpan ini didasarkan pada metode ASLT dengan pendekatan kadar air kritis model labuza. Metode ini dipilih karena dapat mengatur produk dalam kondisi suhu lingkungan yang relatif tinggi, sehingga batas mutu dapat tercapai lebih cepat. Metode ini memungkinkan evaluasi dilakukan dalam waktu singkat dengan tingkat akurasi yang baik (Ritonga et al., 2020). Selain itu model labuza ini dipilih karena produk yang diteliti merupakan produk berbentuk bubuk yang bersifat higroskopis sehingga kadar air merupakan faktor kritis yang harus diperhatikan. Model ini terdiri dari tiga tahapan yaitu penentuan kadar air kritis, pembuatan kurva ISA, dan substitusi dalam persamaan labuzanya. Metode untuk menganalisis umur simpan berupa regresi linear sederhana berbantuan Microsoft Excell (Mustafidah dan Widjanarko, 2015). Dengan menggunakan metode ini, maka akan mempercepat proses penentuan umur simpan dari produk dibandingkan dengan menggunakan metode ESS. Terlaksananya penelitian ini ditujukan untuk menganalisis karakteristik Isotermis Sorpsi Air (ISA) dan umur simpan dari *black sesame body scrub powder*. Pada PT. Spa Faktori Bali menggunakan studi literatur dalam penentuan umur simpan produk-produknya. Sampai saat ini umur simpan *black sesame body scrub powder* belum dianalisis lebih lanjut sehingga diperlukan uji mendalam. Selain itu produk ini dipilih sebagai objek penelitian karena *black sesame body scrub powder* merupakan salah satu produk *scrub* yang paling banyak di pesan kembali oleh konsumen.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Penelitian penentuan umur simpan *black sesame body scrub powder* memerlukan beberapa bahan berupa produk *black sesame body scrub powder* yang diperoleh dari PT. Spa Factory Bali, larutan garam jenuh (garam teknis: $MgCl_2$, K_2CO_3 , $NaCl$, KCl , $BaCl_2$), dan aquadest. Peralatan yang diperlukan dalam penelitian meliputi jangka sorong, timbangan analitik (Ohaus), cawan porselin, chamber, pengaduk magnetik (Maxblend 6800 RPM), desikator, oven (Labo), dan plastik polietilen (PE).

Pelaksanaan Penelitian

Terdapat dua tahap pelaksanaan penelitian ini yakni pembuatan kurva ISA dan penentuan umur simpan. Pembuatan kurva ISA diawali dengan pembuatan larutan garam jenuh ($MgCl_2$, K_2CO_3 , KI ,

NaCl, KCl, BaCl₂) secara terpisah dan dimasukkan secara bertahap ke dalam chamber. Chamber disimpan di dalam ruangan dengan suhu 28±2°C selama 24 jam sebelum digunakan. Kemudian sampel sebanyak 2g yang dimasukkan ke dalam kemasan plastik polietilen (PE) dengan 3 kali pengulangan untuk setiap larutan garam jenuh yang berada di dalam chamber. Sampel dimasukkan ke dalam chamber dan disimpan pada suhu ruang 28±2°C. Setiap harinya sampel ditimbang dengan menggunakan timbangan digital sampai didapatkan bobot kesetimbangan. Setelah mendapatkan bobot setimbang, dilanjutkan dengan perhitungan kadar air. Penghitungan kadar air sampel bisa mengimplementasikan Metode Oven dan direpresentasikan pada basis kering. Kondisi kadar air ini adalah kadar air kesetimbangan pada RH yang digunakan. Hasil dari data yang telah diperoleh digunakan pada pembuatan Kurva ISA yang dilakukan dengan cara melakukan proses *plot* pada data hasil percobaan antara m_e sebagai ordinat dan a_w yang digunakan sebagai absis, sehingga dapat membentuk kurva ISA. Model pendekatan yang digunakan pada penelitian ini merupakan pendekatan model Henderson. Persamaan linier yang didapatkan kemudian akan dikembalikan ke persamaan semula agar mendapatkan karakteristik ISAnya. Setelah mendapatkan nilai kurva dengan menggunakan model Henderson, dilanjutkan dengan menganalisis umur simpan sampel. Proses analisis umur simpan didasari dengan model pendekatan kadar air kritis Labuza.

Penentuan umur simpan menurut Labuza (1982) dilakukan dengan cara menimbang sampel *black sesame body scrub powder* masing-masing sebanyak 2g, selanjutnya memasukkan sampel dalam kemasan plastik polietilen (PE) sesudah dilakukan penimbangan. Tahapan berikutnya menyimpan sampel dalam suhu ruang 28°C dan RH 75%. Wadah yang digunakan untuk menyimpan sampel berupa chamber yang didalamnya telah terisi larutan garam jenuh. Setelah mendapatkan semua nilai dari parameter-parameter yang diperlukan, kemudian menghitung umur simpan melalui metode pendekatan Model Labuza.

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati dari penelitian penentuan umur simpan *black sesame body scrub powder* ini merupakan kadar air kesetimbangan produk (m_e) (Fiana & Refdi, 2018), kadar air awal (m_i) (AOAC, 1995), kadar air kritis (m_c), permeabilitas uap air kemasan (k/x) (Faridah et al., 2013), luas penampang kemasan (A) (Utami et al., 2021), tekanan uap jenuh (P_o) (Labuza, 1982), berat sampel dalam kemasan (w_s), dan kemiringan kurva (b) (Labuza, 1982).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kurva Isotermis Sorpsi Air

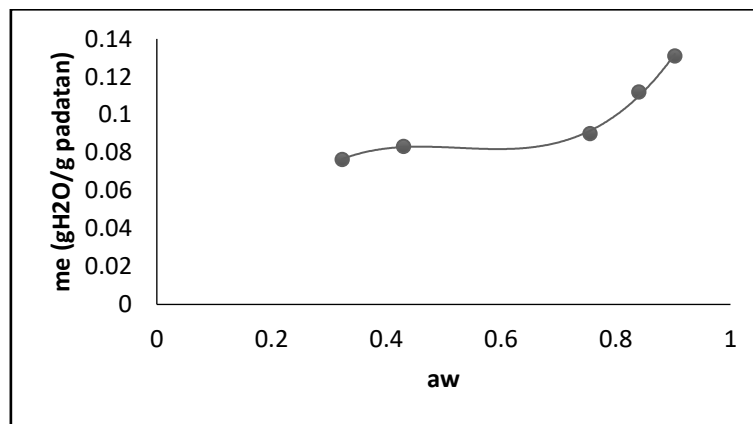
Pada Tabel 1 merepresentasikan kadar air kesetimbangan produk, seperti pada Tabel 1, kadar air kesetimbangan (m_e) relatif meningkat bersamaan dengan meningkatnya aktivitas air (a_w). Hal ini diakibatkan oleh *black sesame body scrub powder* menyerap uap air dari lingkungan karena aktivitas air (a_w) lebih rendah dibandingkan dengan RH lingkungan (Handoyo dan Sarofa, 2023).

Tabel 1. Kadar air kesetimbangan produk *black sesame body scrub powder*

Garam Jenuh	RH (%)	Aktivitas Air (a_w)	Kadar Air Kesetimbangan (m_e)
MgCl ₂	32,3	0,323	0,0764
K ₂ CO ₃	43,0	0,430	0,0833
NaCl	75,5	0,755	0,0901
KCL	84,0	0,840	0,1120
BaCl ₂	90,3	0,903	0,1310

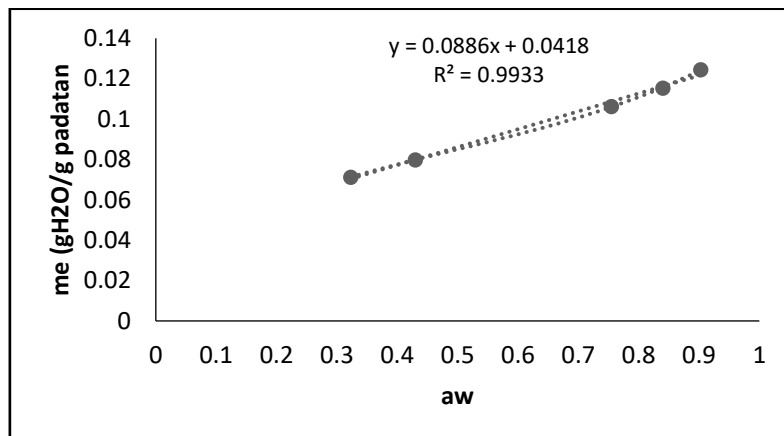
Kurva isotermis sorpsi air bisa ditinjau dalam Gambar 1, yang merepresentasikan m_e terendah adalah 0,076435 pada a_w 0,323 sedangkan m_e tertinggi adalah 0,131026 pada a_w 0,903. Hasil dari perhitungan Kurva Isotermis Sorpsi Air (ISA) ini menghasilkan kurva yang bentuknya sigmoid (tipe II), dimana pola kurva ISA tersebut sama dengan bentuk umum produk kering. Menurut Sahin dan Sumnu (2006) kurva sigmoid (tipe II) terbentuk karena adanya efek kapilaritas dan suatu interaksi dari molekul air dengan permukaan bahan, pengaruh akumulatif dari ikatan hidrogen, dan Hukum Raoult.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air kesetimbangan produk mengalami peningkatan seiring meningkatnya nilai a_w (Swastika et al., 2024). Gambar 1 menunjukkan adanya dua lengkungan ISA yaitu, lengkungan pertama terdapat pada a_w sekitar 0,3 sampai dengan 0,4 dan lengkungan kedua terdapat di a_w 0,7 hingga 0,8. Keadaan ini berlaku juga terhadap tepung jagung instan (Aini et al., 2014).



Gambar 1. Kurva isotermis sorpsi air

Plot antara m_e dan a_w menghasilkan kurva yang tidak linear, sehingga perlu menggunakan persamaan model Henderson agar menghasilkan kurva yang linear untuk mendapatkan kemiringan kurva/sloopenya (Anggreni et al., 2021). Kurva ISA bermodelkan Henderson direpresentasikan dalam Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, persamaan yang didapatkan atas regresi linear kurva ISA, yaitu $y = 0,0886x + 0,0418$ dan nilai $R^2 = 0,9933$, sehingga diperoleh kemiringan kurvanya adalah 0,0885. Hasil dari *slope* ini akan digunakan dalam perhitungan umur simpan *black sesame body scrub powder*.



Gambar 2. Kurva isotermis sorpsi air dengan model Henderson

Umur Simpan *Black Sesame Body Scrub Powder*

Definisi dari umur simpan produk kosmetik yaitu kondisi aman dan layaknya suatu produk untuk digunakan mulai dari rentang waktu produk tersebut diproduksi sampai digunakan oleh konsumen (Kebede et al., 2015). Penentuan umur simpan *black sesame body scrub powder* dapat dihitung dengan menggunakan metode Labuza.

Metode Labuza memiliki beberapa faktor untuk menentukan durasi lamanya produk bisa disimpan (umur simpan), yaitu kemiringan *slope* atau kurva (*b*), tekanan uap jenuh (P_o), berat produk dalam kemasan (W_s), luas penampang kemasan (A), konstanta permeabilitas uap air kemasan (k/x), kadar air kritis (m_c), kadar air awal (m_i), dan kadar air kesetimbangan (m_e) (Budijanto et al., 2020). Nilai-nilai yang dibutuhkan dalam perhitungan umur simpan *black sesame body scrub powder* dipaparkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter dan nilai pendugaan umur simpan model Labuza

Parameter	Nilai	Sumber
Kadar air kesetimbangan (m_e) gH ₂ O/g	0,1062	
Kadar air awal (m_i) gH ₂ O/g	0,0335	
Kadar air kritis (m_c) gH ₂ O/g	0,0487	
Konstanta permeabilitas uap air kemasan (k/x) PE 0,13 mm	PE 0,13 mm = 0,0194 (gH ₂)/hari/m ² .mmHg	Hadiati et al., 2022
Luas penampang kemasan (A)	- (20 cm x 16 cm) ² = 640 cm ² =0,064 m ² - (13 cm x 9 cm) ² = 234 cm ² =0,0234 m ²	
Berat <i>black sesame body scrub powder</i> dalam kemasan (W_s)	- 1000 g - 100 g	
Tekanan uap jenuh (P_o)	28,349 mmHg	Labuza (1982)
Kemiringan kurva/ <i>slope</i> (b)	0,0885	

Nilai konstanta permeabilitas uap air kedua kemasan (k/x) senilai 0,0194 (gH₂)/hari/m².mmHg (Hadiati et al., 2022). Sampel yang digunakan memiliki kadar air kesetimbangan (m_e) sebesar 0,1062 gH₂O/g padatan yang diperoleh dari perhitungan kadar air kesetimbangan model Henderson pada suhu 28°C dengan RH 75%. Kadar air awal (m_i) dari produk tersebut diperoleh menggunakan Metode AOAC dan menghasilkan nilai sebesar 0,0335 gH₂O/g padatan.

Kadar air awal *black sesame body scrub powder* adalah 0,0335 gH₂O/g padatan pada penyimpanan hari ke-38. Kadar air kritis (m_c) sampel memiliki nilai sebesar 0,0487 gH₂O/g disaat produk sudah mengalami kerusakan yang ditandai dengan menggumpalnya sampel pada hari ke-38. Berdasarkan tabel tekanan uap jenuh diperoleh nilai P_o pada suhu 28°C oleh Labuza, 1982 adalah senilai 28,349 mmHg. Nilai kemiringan kurva/*slope* (b) yang digunakan diperoleh dari regresi linier model Henderson seperti pada Gambar 2, di mana nilai yang dihasilkan adalah 0,0885.

Dari perhitungan yang telah dilakukan menghasilkan data umur simpan pada suhu 28°C, kelembaban 75%, dalam kemasan polietilen ketebalan 0,13 mm, luas penampang kemasan 0,064 m², dengan berat sampel 1000 g adalah 19,65 bulan atau 1,6 tahun sedangkan dengan luas penampang kemasan 0,0234 m², dengan berat sampel 100 g adalah 5,37 bulan atau 0,4 tahun. Salah satu penyebab perbedaan umur simpan tersebut terjadi adalah karena adanya perbedaan antara luas kemasan dan berat sampel dalam kemasan. Area kemasan yang semakin luas menjadikan umur simpan produk cenderung lebih panjang dikarenakan ketika uap air masuk ke dalam kemasan, proses penyebaran uap air akan lebih merata ke seluruh area kemasan (Kusnandar, 2006). Sehingga kondisi ini dapat

memperlambat produk mencapai kondisi kritisnya. Sedangkan ketebalan kemasan dapat mempengaruhi permeabilitas uap air kemasannya dikarenakan kemasan yang digunakan akan mempertahankan kelembaban di sekitar produk (Saragih et al., 2016). Berdasarkan penjelasan Johnrencius et al. (2017) semakin kecil permeabilitas suatu kemasan, maka semakin optimal kemasan dalam menghalangi uap air.

Sebagai pembandingan, pada penelitian umur simpan mikroenkapsulasi - ekstrak mikroalga *Nannochloropsis* sp dengan suhu dan RH yang sama yaitu 28°C pada RH 75% menggunakan kemasan plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dengan ketebalannya 0,03 mm adalah 0,93 bulan dan kemasan aluminium foil 0,1 mm adalah 8,14 bulan (Anggreni et al., 2021) dan pada penelitian dengan sampel yang sama, yaitu body scrub menghasilkan umur simpan selama 10 minggu di suhu 45°C dan 1 tahun di suhu -21°C (Zuhaidi et al., 2019).

KESIMPULAN

Kesimpulan

Karakteristik isotermis sorpsi air (ISA) *black sesame body scrub powder* adalah sigmoid (tipe II). Umur simpan *black sesame body scrub powder* pada suhu 28°C, kelembaban 75%, dalam kemasan polietilen ketebalan 0,13 mm, luas penampang kemasan 0,064 m², dengan berat sampel 1000 g adalah 19,65 bulan atau 1,6 tahun sedangkan umur simpan dengan luas penampang kemasan 0,0234 m², dengan berat sampel 100 g adalah 5,37 bulan atau 0,4 tahun.

Saran

Pada penelitian ini disarankan menggunakan kemasan PE dengan luas penampang kemasan 0,064 m² dan berat 1000 g karena menghasilkan umur simpan yang lebih lama. Selain itu, saran yang bisa peneliti berikan yaitu perlunya penelitian lanjutan mengenai umur simpan *black sesame body scrub powder* setelah kemasannya dibuka.

DAFTAR PUSTAKA

- A.A. Made Dewi Anggreni, N. Semadi Antara, L.P. Wrasiasi, I. B. W. Gunam. 2021. Determination of the shelf life of microencapsulated extract of microalgae *nannochloropsis* sp with accelerated shelf life testing. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(5), 2323–2331.
- Agustia, F. C., Rukmini, H. S., Naufalin, R., dan 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), 216–222. <https://doi.org/10.17728/jatp.7046>
- Aini, N., Prihananto, V., and Wijonarko, G. 2014. Sorption isotherm of instan corn flour from four variety of corn. *Agritech*, 34(1), 49–55. <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/agritech.9522>
- AOAC. 1995. Official method of analytical. fifteen edition. *Published by the AOAC, Inc., Suite 400, 2200 Wilson Boulevard, Arlington, Virginia 2200.*
- Budijanto, S., Boing Sitanggang, A., Elizabeth Silalahi, B., dan Murdiati, W. 2020. Penentuan umur simpan seasoning menggunakan metode accelerated shelf-life testing (ASLT) dengan pendekatan kadar air kritis. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 11(2), 71–77.
- Faridah, D. N., Yasni, S., Suswantinah, A., dan Aryani, G. W. 2013. Pendugaan umur simpan dengan metode accelerated shelf-life testing pada produk bandrek instan dan sirup buah pala (*myristica fragrans*) (shelf life estimation by accelerated shelf-testing method for the product of instant bandrek and nutmeg syrup (*myristica*). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 18(3), 144–153.

- Fiana, R. M., dan Refdi, C. W. 2018. Pendugaan umur simpan minuman instan teh kombucha menggunakan pendekatan kadar air kritis dengan metode accelerated shelf life test (ASLT). *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 22(2), 150. <https://doi.org/10.25077/jtpa.22.2.150-156.2018>
- Hadiati, N., Rohmayanti, T., dan Aminullah, A. 2022. Penggunaan kemasan plastik polietilen biodegradable terhadap umur simpan gula kelapa. *Pro Food*, 8(2), 83–92. <https://doi.org/10.29303/profood.v8i2.265>
- Handoyo, A. M. F., and Sarofa, U. 2023. Estimation of edamame flour shelf life using the critical moisture approach. *AJARCDE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)*, 7(2), 213–220. <https://doi.org/10.29165/ajarcde.v7i2.309>
- Ijayanti, N., Listanti, R., dan Ediati, R. 2020. Pendugaan umur simpan serbuk wedang uwuh menggunakan metode aslt (accelerated shelf life testing) dengan pendekatan arrhenius. *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 1(1), 46–60.
- Irawati, R., dan Hardiastuti, E. B. W. 2016. Perancangan standard operating procedure (SOP) proses pembelian bahan baku, proses produksi dan pengemasan pada industri jasa boga (studi kasus pada PT. KSM Catering & Bakery Batam). *Jurnal Akuntansi, Ekonomi Dan Manajemen Bisnis*, 4(2), 186–193.
- Kebede, B. T., Grauwet, T., Magpusao, J., Palmers, S., Michiels, C., Hendrickx, M., and Van Loey, A. 2015. An integrated fingerprinting and kinetic approach to accelerated shelf-life testing of chemical changes in thermally treated carrot puree. *Food Chemistry*, 179, 94–102.
- Kusnandar, F. 2006. Experimental design in determining the shelf life of food products using the ASLT method (Arrhenius model and critical moisture content). *Training Module: Estimating and Controlling the Shelf Life of Food Ingredients and Products*.
- Labuza, T. P. 1982. *Shelf-life dating of foods*. Food & Nutrition Press.
- Johnrencius Michael, N. H. and V. S. J. 2017. Pengaruh penggunaan kemasan terhadap mutu kukis sukun. *Teknologi Pertanian*, 4(1), 72–76.
- Mustafidah, C., dan Widjanarko, S. B. 2015. Umur simpan minuman serbuk berserat dari tepung porang (*amorphophallus oncophillus*) dan karagenan melalui pendekatan kadar air kritis. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(2), 650–660.
- Ritonga, A. M., Masrukhi, dan Siswanto. 2020. Pendugaan umur simpan gula kelapa kristal menggunakan metode akselerasi berdasarkan pendekatan kadar air kritis accelerated self-life testing of crystal coconut sugar using a critical moisture content approach. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 21(1), 11–18.
- Sahin, S. and S. G. S. 2006. Physical properties of foods. *New York. Springer Science + Business Media LLC*.
- Saragih, H. O., Dharma, I. P., dan Astawa, I. N. G. 2016. Pengaruh ketebalan plastik polyethylene densitas rendah terhadap umur simpan bawang daun (*allium fistulosum* l.). *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 5(4), 363–373.
- Swastika, A. D., dan Juwitaningtyas, T. 2024. Pendugaan umur simpan tepung salak (*salacca zalacca*) menggunakan metode accelerated shelf life test (ASLT) pendekatan kadar air kritis. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 12(1), 46–54. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2024.012.01.05>
- Utami, S. S., Sari, N. K., and Mas'udah, K. W. 2021. Shelf-life Prediction of sonoca using accelerated shelf-life tests approach to critical water levels. *Nusantara Science and Technology Proceedings*, 80–88.
- Zuhaidi, A. F., Boestami, A. M. Z., and Nasir, N. A. M. 2019. stability and shelf life studies of

cinnamon coffee body scrub. *Politeknik & Kolej Komuniti Journal of Engineering and Technology*, 2019, 1–7.