

PENDUGAAN UMUR SIMPAN PRODUK TEPUNG NON-TERIGU DALAM KEMASAN MENGGUNAKAN METODE ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing*): KAJIAN PUSTAKA

[*Shelf-Life Estimation of Packaged Non-Wheat Flour Products Using the Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) Method: A Review*]

Wahab Imroni^{1*}, Sri Wahyuni¹, R.H Fitri Faradilla¹

¹Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Kendari

*Email: wahabimroni@gmail.com (Telp: +6281248282162)

Diterima tanggal 5 April 2025

Disetujui tanggal 12 April 2025

ABSTRACT

This review aimed to examine shelf-life estimation using the Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) method for various types of non-wheat flours, such as corn flour, cassava granules, banana flour, oyster mushroom flour, wikau maombo flour, durian seed flour, and coconut milk powder, stored in different types of packaging. The results indicated that flours packaged in polypropylene (PP) had a longer shelf life compared to those packaged in polyethylene (PE). Cassava granules, durian seed flour, and wikau maombo flour packaged in PP showed estimated shelf lives of 693 days, 536 days, and 318–434 days (PP 0.06–0.08), respectively. In contrast, oyster mushroom flour, banana flour, and composite flours packaged in PE had shorter shelf lives of 114 days, 138 days, and 154 days, respectively. The shelf life of non-wheat flour products was influenced by several factors, including packaging type, storage temperature, relative humidity (RH), and moisture content.

Keywords: *Shelf life, ASLT, Flour*

ABSTRAK

Review ini bertujuan untuk mengetahui pendugaan umur simpan dengan metode ASLT (Accelerated shelf life testing) terhadap beberapa jenis tepung non-terigu seperti tepung jagung, granula ubi kayu, tepung pisang, tepung jamur tiram, tepung wikau maombo, tepung biji durian dan tepung santan kelapa yang disimpan dalam berbagai jenis kemasan. Hasil review ini menyatakan bahwa jenis tepung yang dikemas menggunakan kemasan PP memiliki umur simpan yang lebih lama dibandingkan dengan kemasan PE. Granula ubi kayu, tepung biji durian dan wikau maombo yang dikemas menggunakan kemasan PP memiliki umur simpan sebesar 693 hari, 536 hari dan 318 hari (PP 0,06)- 434 hari (PP 0,08). Sedangkan tepung jarum tiram putih, tepung pisang, dan tepung komposit yang dikemas menggunakan kemasan PE memiliki umur simpan sebesar 114 hari, 138 hari dan 154 hari. Umur simpan produk tepung non-terigu dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis kemasan, suhu, RH (kelembaban) dan kadar air.

Kata kunci: Umur simpan, ASLT, Tepung

PENDAHULUAN

Permasalahan pangan dan gizi pada masyarakat mengalami perkembangan yang sangat cepat dan kompleks. Peningkatan lingkungan global seperti adanya *global climate change* serta meningkatnya harga minyak dunia telah mendorong kompetisi dalam penggunaan hasil pertanian seperti sumber pangan, sumber energi (*fuel*) dan pakan ternak (*feed*) yang cukup pesat, yang dapat mengancam sumber ketersediaan ketahanan pangan serta gizi nasional (Djafar, 2007).

Tepung merupakan produk antara dari komoditas pangan karbohidrat yang memiliki umur simpan relatif lebih lama dibandingkan dengan produk segar dan fleksibel digunakan sebagai bahan pembuatan berbagai produk pangan. Tepung merupakan sumber pangan yang sangat dibutuhkan di kalangan masyarakat untuk memenuhi sumber pangan dengan kandungan karbohidrat sebagai sumber kalori. Pembuatan tepung biasanya memanfaatkan gandum sebagai tepung terigu untuk pembuatan berbagai macam produk sumber karbohidrat. Upaya pemenuhan kebutuhan pangan harus terus dilakukan untuk meningkatkan kualitas terhadap pangan lokal. Untuk itu perlu mencari alternatif dengan memanfaatkan bahan baku lokal dalam pembuatan tepung-tepungan (Ambarsari, 2008). Bahan pangan lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai pembuatan tepung yaitu sagu, talas, jagung, keladi, ubi jalar, ubi singkong dan lain sebagainya.

Umur simpan produk pangan merupakan rentang waktu dari masa produksinya hingga masa konsumsi dimana produk masih dalam kondisi layak untuk digunakan (Handayani 2013). Rentang waktu suatu produk menjadi tanggung jawab produsen karena mutu yang dijanjikan harus sesuai dengan harapan konsumen ketika mengonsumsi produk tersebut. Umur simpan produk harus ditentukan agar supaya waktu penggunaan terbaik produk dapat diketahui. Untuk menentukan umur simpan produk dapat dilakukan pendugaan umur simpan dengan metode akselerasi, yaitu metode pendugaan umur simpan dengan cara mempercepat kerusakan mutu, salah satunya dengan perlakuan suhu tinggi. Metode akselerasi atau *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) merupakan salah satu metode alternatif untuk prediksi umur simpan produk. Metode ini umumnya dapat dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan model, yaitu model Arrhenius untuk produk yang sensitif terhadap perubahan suhu penyimpanan dan model kadar air kritis untuk produk yang mudah rusak karena penyerapan air dari lingkungan selama penyimpanan (Labuza, 1982). Prediksi umur simpan dengan metode ini dilakukan pada kondisi lingkungan yang ekstrim dimana produk pangan disimpan pada kelembaban dan suhu yang lebih tinggi yang menyebabkan kerusakan produk pangan yang sangat cepat. Waktu yang singkat dan akurasi yang baik merupakan keutamaan dari metode akselerasi (Arpah, 2001). Tepung merupakan produk kering dengan sifat higroskopis sehingga rentan terhadap kondisi uap dari lingkungan, sehingga dapat mempengaruhi tingkat kerusakan tepung selama penyimpanan. Menurut Buckle (1987), pada prinsipnya berbagai jenis tepung, mempunyai sifat higroskopis sehingga selama mudah mengalami kerusakan akibat penyerapan uap air dari lingkungannya. Oleh karena itu dilakukan prediksi umur simpan menggunakan metode ASLT pada berbagai jenis tepung berdasarkan bahan baku pembuatannya.

Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Umur Simpan

1. Suhu Penyimpanan

Syarif dan Halid (1993) menjelaskan bahwa suhu merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi perubahan mutu suatu produk. Semakin tinggi suhu penyimpanan yang digunakan, maka laju reaksi berbagai senyawa kimia yang terkandung dalam produk pangan akan semakin cepat. Oleh karena itu dalam menduga kecepatan penurunan mutu produk pangan selama penyimpanan perlu memperhitungkan faktor suhu penyimpanan. Penyimpanan produk dalam suhu ruang dapat berubah dari waktu ke waktu, keadaan suhu penyimpanan seperti ini dapat mempermudah dalam pendugaan laju penurunan mutu makanan dengan persamaan Arrhenius. Suhu merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap perubahan mutu produk selama penyimpanan, semakin tinggi suhu penyimpanan dapat meningkatkan laju reaksi senyawa kimia di dalam bahan pangan akan semakin cepat (Ruliawan, 2014). Penggunaan suhu penyimpanan yang bervariasi dapat menghambat atau mempercepat reaksi kimia, reaksi enzimatik atau pertumbuhan mikroba pada jenis-jenis produk tertentu (Effendi, 2012).

Kelembaban Relatif (RH)

Selama penyimpanan produk, kelembaban relatif (RH) suatu ruangan dapat mempengaruhi terhadap kondisi umur simpan suatu produk (Budijanto *et al.*, 2010). Kelembaban relatif (RH) lingkungan merupakan faktor yang mempengaruhi umur simpan, karena kondisi lingkungan dengan kelembaban relatif (RH) yang tinggi mengindikasikan kandungan uap di udara lebih banyak sehingga akan terjadi penyerapan uap air ke dalam bahan dibandingkan kondisi kelembaban relatif (RH) yang lebih rendah. Pada bahan pangan yang bersifat higroskopis, semakin tinggi RH lingkungan penyimpanan, semakin banyak uap air yang diserap oleh bahan pangan sehingga mempercepat kerusakan mutu terutama parameter tekstur (Kurniawan *et al.*, 2010). Semakin rendah kelembaban relatif (RH) tempat penyimpanan produk maka umur simpan produk semakin panjang (Jacob *et al.*, 2010).

Kadar Air

Hamzah (2010) menyatakan bahwa kadar air merupakan salah satu karakteristik yang sangat penting pada bahan pangan, karena air dapat mempengaruhi kenampakan, tekstur dan cita rasa pada bahan pangan tersebut. Kadar air yang terkandung dalam bahan pangan juga dapat menentukan kelayakan suatu bahan pangan untuk dapat dikonsumsi, kadar air yang tinggi mengakibatkan terjadinya proses kerusakan yang disebabkan karena perkembangbiakan mikroorganisme patogen dalam bahan pangan.

Tepung memiliki nilai kadar air dan aktivitas air yang rendah sesuai dengan nilai kadar air yang terdapat dalam tepung terigu menurut SNI 01-3751-2006 dengan nilai kadar air maksimal 14,5% (b/b) dan nilai aktivitas air (*aw*) sebesar 0,72, sehingga dapat disimpan relatif lebih lama dalam suhu ruang (Kusnandar,

2010). Kerusakan yang terjadi pada produk tepung berkaitan dengan proses penyerapan uap air dari lingkungan melalui kemasan, sehingga beberapa jenis mikroorganisme dapat berkembang biak. Suatu produk pangan memiliki nilai ambang batas untuk kadar air yang dapat ditolerir. Apabila secara organoleptik kadar air produk pangan tidak diterima oleh konsumen maka produk tersebut telah mencapai kadar air kritisnya. Bakteri membutuhkan $aw=0,91$, sedangkan khamir $aw=0,87-0,91$ dan kapang $aw=0,80-0,87$. Untuk menyimpan bahan pangan kering, kadar air rendah menjadi prasyarat terpenting (Ennet *et al.*, 2012).

Kemasan

Kemasan berfungsi untuk memperpanjang umur simpan produk pangan (Arpah 2001). Jenis kemasan yang digunakan terhadap suatu produk akan menghambat uap air yang berasal dari lingkungan untuk keluar masuk ke dalam produk sehingga produk akan terhindar dari kerusakan fisik maupun kimia (Tryanti *et al.*, 2013). Penggunaan kemasan yang memiliki daya tembus atau permeabilitas uap air yang rendah merupakan jenis kemasan yang baik untuk digunakan sebagai pelindung produk. Menurut Mustafidah *et al.* (2015), menyatakan produk tepung-tepungan memiliki sifat yang mudah menyerap air dari udara atau bersifat higroskopis. Tingkat permeabilitas kemasan yang tinggi dapat menyebabkan pendeknya umur simpan akibat proses transfer uap air dari lingkungan ke dalam tepung. Salah satu cara untuk mengurangi masuknya uap air ke dalam produk yaitu menggunakan kemasan yang memiliki tingkat permeabilitas uap air yang rendah untuk menghambat penurunan mutu produk. Kemasan yang sering digunakan untuk melindungi produk tepung-tepungan dari faktor luar adalah LDPE dan PP.

Umur Simpan Produk Tepung Non-Terigu Dalam Kemasan

Umur simpan suatu produk bahan pangan seringkali menjadi masalah dalam industri pangan baik dalam pengembangan dan pemasaran produk, sehingga perlu dilakukan prediksi umur simpan setiap produk yang bertujuan untuk memberikan sumber informasi kelayakan untuk dapat dikonsumsi oleh masyarakat (Wulandari *et al.*, 2013). Metode ASLT yang sering digunakan untuk pendugaan umur simpan adalah model kadar air kritis dan model Arrhenius. Model kadar air kritis diterapkan untuk pendugaan umur simpan produk pangan yang rusak oleh adanya penyerapan air oleh produk. Model ini terutama untuk produk pangan yang kering seperti tepung-tepungan dan produk kering lainnya.

Tabel 1. Umur simpan tepung berdasarkan bahan baku

Jenis produk	Jenis Kemasan	Suhu penyimpanan	Kadar air awal (%)	Kadar air kritis (%)	Metode	Umur Simpan (hari)	Sumber
Tepung komposit (keladi dan ubi jalar)	PE	25°C	4,50	14	Arrhenius	154	Elisabeth <i>et al.</i> , 2015
Tepung santan kelapa	-	27%	3,01	5,76	Arrhenius	68	Aisyah, 2015
Tepung pisang	Kantong kain PE PE rangkap	35°C	10,12	13,66	Arrhenius	102 138 144	Larasati <i>et al.</i> , 2006
Tepung jamur tiram putih	PE	30°C	8,52	10,14	Arrhenius	114	Astuti <i>et al.</i> , 2019
Tepung wikau maombo	PP 0,06 PP 0,08	30°C	10,27	11,11 11,28	Isoterm sorpsi	318 434	Wahyuni <i>et al.</i> , 2020
Granula ubi kayu	LDPE MDPE PP	30°C	4,92	15,24	Isoterm sorpsi	256 427 693	Sugiyono <i>et al.</i> , 2012
Tepung jagung (nix tamalization)	Kemasan dengan permeabilitas 0,5	30°C	6,5	12,14	Isoterm sorpsi	426	Musita, 2020
Tepung biji durian	LDPE HDPE PP	28°C	12,13	16,07	Isoterm sorpsi	134 230 536	Mulyati, 2018
Tepung jagung kuning instan	PP	28°C	5,37	13	Isoterm sorpsi	153	Rahmawati., 2010
Tepung jagung putih instan			5,45			107	

Tabel 2. Perubahan karakteristik fisik selama penyimpanan

Jenis produk	Perubahan karakteristik selama penyimpanan		Sumber
	Karakteristik awal	Karakteristik akhir	
Tepung komposit (keladi dan ubi jalar)	1. Tekstur lembut 2. Warna putih kecokelatan	1. Tekstur menggumpal 2. Warna putih lebih cokelat	Elisabeth <i>et al.</i> , 2015
Tepung santan kelapa	Aroma tengik lemah	Aroma lebih tengik	Aisyah, 2015
Tepung pisang	Tekstur remah	Tekstur menggumpal	Larasati <i>et al.</i> , 2006
Tepung jamur tiram putih	1. Warna normal kecokelatan 2. Aroma tengik tercium sangat lemah	1. Warna putih lebih cokelat 2. Aroma tengik tercium lemah	Astuti <i>et al.</i> , 2019
Granula ubi kayu	1. Tekstur kompak dan keras 2. Warna putih agak kecokelatan	1. Tekstur menggumpal 2.-	Sugiyono <i>et al.</i> , 2012
Tepung biji durian	Tekstur lembut	Tekstur menggumpal	Mulyati, 2018
Tepung jagung kuning instan	Tidak berjamur	Mengalami pertumbuhan kapang	Rahmawati, 2010
Tepung jagung putih instan	Tidak berjamur	Mengalami pertumbuhan kapang	

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa umur simpan pada masing-masing jenis produk tepung non-terigu memiliki lama penyimpanan yang bervariasi. Umur simpan produk tepung non-terigu dapat disebabkan karena beberapa faktor seperti jenis kemasan, kadar air awal dan kadar air kritis produk tepung selama penyimpanan. Jenis tepung yang dikemas menggunakan kemasan PP memiliki nilai umur simpan yang lebih lama seperti tepung wikau maombo dengan umur simpan sebesar 318 hari (PP 0,06)-434 hari (PP 0,08), granula ubi kayu dengan umur simpan sebesar 693 hari dan tepung biji durian dengan umur simpan sebesar 536 hari. Sedangkan jenis tepung yang dikemas menggunakan kemasan PE rentan memiliki nilai umur simpan yang lebih rendah seperti tepung komposit yang memiliki nilai umur simpan 154 hari, tepung jamur dengan umur simpan 114 hari dan tepung pisang dengan umur simpan 138 hari (PE rangkap 1)-144 (PE rangkap 2). Hal ini dapat disebabkan karena tingkat permeabilitas kemasan yang berbeda. Kemasan PP memiliki tingkat permeabilitas yang lebih rendah sehingga tingkat keluar masuk udara dari lingkungan ke

dalam produk lebih lambat. Kemasan PP yang memiliki tingkat ketebalan yang lebih tinggi dapat mencegah adanya udara ataupun uap air yang masuk (tingkat permeabilitas lebih rendah). Sedangkan kemasan PE memiliki tingkat permeabilitas yang lebih tinggi daripada kemasan PP, sehingga uap air atau udara rentan keluar masuk ke dalam produk. Oleh karena itu, untuk memperpanjang umur simpan suatu produk tepung non-terigu maka perlu untuk memperhatikan tingkat permeabilitas kemasan yang digunakan (Herawati, 2008).

Berdasarkan Tabel 1 nilai kadar air awal dan nilai kadar air kritis pada beberapa jenis tepung juga bervariasi, sehingga didapatkan pula nilai umur simpan yang bervariasi. Pada jenis tepung komposit yang dikemas menggunakan kemasan PE memiliki nilai umur simpan yang lebih lama daripada jenis tepung jagung kuning instan dan tepung jagung putih instan yang dikemas menggunakan kemasan PP, Hal ini disebabkan karena tepung komposit memiliki nilai kadar air awal (mutu awal) yang lebih rendah di dibandingkan dengan tepung jagung kuning instan dan tepung putih instan. Penentuan umur simpan juga dapat dipengaruhi karena laju penurunan mutu produk mencapai titik kritisnya serta nilai mutu awal yang rendah (Herawaty, 2008). Produk tepung yang kering sangat rentan mengalami kerusakan akibat proses penyerapan air dari luar. Jika kenaikan kadar air tepung diakibatkan karena proses penyerapan uap air dari lingkungan sehingga mencapai kadar air kritis, maka tepung tersebut diasumsikan akan mengalami kerusakan. Perubahan kadar air pada bahan pangan terjadi karena adanya perbedaan kelembaban lingkungan dengan sampel yang menyebabkan tekanan parsial uap air yang akan terus berubah sampai terjadi kesetimbangan. Ketika tekanan uap air pada lingkungan lebih besar daripada tekanan uap air yang terkandung dalam kemasan, maka akan terjadi proses difusi yang dimana uap air dari lingkungan akan berpindah ke dalam sampel produk (Mustafidah dan Widjanarko, 2015).

Berdasarkan Tabel 2, menunjukkan bahwa tepung non-terigu selama penyimpanan mengalami perubahan karakteristik fisik yang disebabkan oleh faktor lingkungan maupun komponen yang terkandung dalam bahan pangan tersebut. Selama penyimpanan tepung non-terigu mengalami penggumpalan terhadap tekstur. Hal ini disebabkan karena tepung non-terigu mengalami penyerapan uap air dari lingkungan sehingga terjadi kenaikan kadar air yang menyebabkan terjadinya penggumpalan. Arpah *dalam* Fitria (2007) menyatakan bahwa kerusakan tekstur selama penyimpanan merupakan reaksi deteriorasi yang umumnya pertama kali terjadi pada produk pangan kering, karena produk ini sangat sensitif dengan perubahan kadar air selama penyimpanan. Peningkatan kadar air ini disebabkan oleh sifat alami tepung yang higroskopis, yaitu mudah menyerap air dari lingkungannya untuk mencapai kondisi kesetimbangan. Selain itu, perbedaan kelembaban lingkungan dengan sampel tepung menyebabkan perbedaan tekanan parsial uap air. Tekanan parsial uap air yang lebih besar dari lingkungan akan menyebabkan uap air dari lingkungan berpindah ke dalam sampel tepung (Mustafidah dan Widjanarko, 2015). Kenaikan kadar air juga dapat menyebabkan

terjadinya pertumbuhan kapang pada tepung non-terigu sebagaimana terdapat pada tepung jagung selama penyimpanan sebagai titik kritis produk tepung selama penyimpanan.

Produk tepung non-terigu selama penyimpanan juga mengalami perubahan warna akibat reaksi pencokelatan atau maillard. Reaksi *Maillard* adalah reaksi yang terjadi antara karbohidrat, khususnya gula pereduksi dengan gugus amina primer. Reaksi *Maillard* merupakan reaksi antara gugus amino dari protein dengan suatu aldosa atau ketosa membentuk senyawa basa *schiff*, kemudian terjadi perubahan menurut reaksi *Amadori* menjadi amino ketosa. Degradasi reaksi *Amadori* membentuk turunan *furfuraldehid* menghasilkan reaksi antara metil α -dikarbonil dan α -dikarboksil. Polimerisasi senyawa aldehid tersebut menghasilkan senyawa melanoidin dan premelanoidin. Produk melanoidin berwarna coklat gelap, sedangkan produk premelanoidin berwarna lebih terang dan berat molekulnya lebih rendah. Hasil reaksi tersebut (senyawa melanoidin dan premelanoidin) menghasilkan produk pangan berwarna coklat yang dijadikan sebagai indikasi penurunan mutu (Arsa, 2016). Beberapa jenis tepung yang memiliki kandungan asam lemak yang cukup tinggi juga dapat mengalami perubahan aroma yang disebabkan karena proses oksidasi lemak. Peningkatan kadar asam lemak bebas disebabkan terjadinya reaksi hidrolisa lemak sehingga asam lemak bebas akan mudah menguap, produk berbau tengik, dan menyebabkan rasa tidak enak pada produk sehingga mengakibatkan mutu produk menurun (Swastika, 2009).

KESIMPULAN

Hasil *review* menunjukkan jenis tepung serta penggunaan jenis kemasan dapat mempengaruhi terhadap umur simpan. Kemasan dapat berfungsi untuk menghambat kerusakan produk dari pengaruh uap air dari lingkungan selama penyimpanan. Semakin rendah nilai konstanta permeabilitas suatu kemasan maka kemampuan terhadap penyerapan uap air dari luar kemasan semakin besar sehingga umur simpan produk pangan dalam kemasan tersebut semakin lama. Suhu serta kelembaban dapat berperan dalam pendugaan umur simpan. Proses transfer air dari lingkungan ke dalam produk dapat mempengaruhi masa simpan tepung.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah L. 2015. Penentuan Umur Simpan Tepung Santan Kelapa Pendekatan Arrhenius. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Arpah. 2001. Penentuan Kadaluwarsa Produk Pangan. Buku dan Monograf. Program Studi Ilmu Pangan, Program Pasca Sarjana, Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Arpah. 2007. Penentuan Kadaluwarsa Produk Pangan. Buku dan Monograf. Program Studi Ilmu Pangan, Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.

- Arsa, M. 2016. Proses Pencoklatan (*Browning Process*) pada Bahan Pangan. Universitas Udayana.
- Astuti S, Setyani S, Suharyono, H MN. 2019. Pendugaan Umur Simpan Tepung Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) pada Kemasan Plastik Polietilen dengan Metode Akselerasi. Jurnal Penelitian Pertanian Terapan. 19 (2):95-107.
- Buckle KA. 1987. Ilmu Pangan. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Budijanto S, Azis BS, Berti EH, Wita M. 2010. Penentuan Umur Simpan Seasoning Menggunakan Metode Accelerated Self-Lift Testing (ASLT) dengan Pendekatan Kadar Air Kritis. Jurnal Teknologi Pertanian. 11(2): 71-76.
- Djafar, Titik F. 2007. Cemaran Mikroba pada Produk Pertanian, Penyakit yang Ditimbulkan dan Pencegahannya. <http://www.pustakadepan.go.id/publikasi/bt082031.pdf>. [3 Maret 2021].
- Effendi S. 2012. Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Pangan. Alfabeta. Bandung.
- Elisabeth DAA, Aurum FS, Rinaldi J. 2015. Pendugaan Umur Simpan dan Analisis Usaha Pengolahan Tepung Komposit Keladi dan Ubijalar Di Bali. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Bali. Denpasar.
- Ennett JWB, Ung RH, Ee SL, Adhi SP. 2012. Fungal and bacterial volatile organic compounds: an overview and their role as ecological signaling agents. *The Mycota: Fungal Associations IX*: 373–393. doi:10.1007/978-3-642-30826-0_18.
- Hamzah dan Sribudiani. 2010. Mutu Manisan Kering Buah Naga (*Hylocereus polyhizus*). Jurnal Sagu. 9(1): 15-20.
- Handayani S. 2013. Bagaimana Menentukan Umur Simpan Produk ?. www.mbrifofood.com. [3 Maret 2021].
- Herawaty H. 2008. Penentuan Umur Simpan Pada Produk Pangan. Jurnal Litbang Pertanian. 27(4):124–130.
- Indrie A. 2008. Pembuatan Tepung Jagung. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Jawa Tengah.
- Jacob AM, Mala N, Nicholas H. 2010. Penentuan Umur Simpan Fish Snack (Produk Ekstrusi) Menggunakan Metode Akselerasi Dengan Pendekatan Kadar Air Kritis Dan Metode Konvensional. Jurnal Sumberdaya Perairan. 4 (1) : 2-6.
- Kurniawan H, Bintoror NWK, Joko N. 2018. Pendugaan Umur Simpan Gula Semut Dalam Kemasan Dengan Pendekatan Arrhenius. Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem. 6(1): 93-99.
- Kusnandar F. 2010. Kimia Pangan Komponen Makro. Dian Rakyat. Jakarta
- Labuza TP, Riboh. 1982. Theory and Application of Arrhenius Kinetics to Deterioration of Foods. *Food Technol.* 36: 66-74.
- Larasati D, Eva M, Triyono. 2006. Pendugaan Umur Simpan Tepung Pisang (*Musa Paradisuaca*) dalam Kemasan Komersial. Jurnal Litbang Prov. Jawa Tengah. 4(1): 23-33.

- Mulyati AH, Widiastuti D, Oktaviani LM. 2018. Characterization of Durian Seed Flour (*Durio zibhetinuss l.*) and Estimation of its Self Life with Accelerated Self Life Testing (ASLT) Moisture Critical Method. Journal of Physics: Conf. Series:1-6
- Musitah N. 2020. Nixtamalization application to shelf life of corn flour. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering:1-9.
- Mustafidah C, Widjanarko SB. 2015. Umur simpan minuman serbuk berserat dari tepung porang (*Amorophallus Oncophillus*) dan karagenan melalui pendekatan kadar air kritis. Jurnal pangan dan agroindustri. 3(2): 650-660.
- Rahmawati D. 2010. Kajian Karakteristik Fisikokimia Tepung Instan Beberapa Varietas Jagung (*Zea Mays L.*) dan Prediksi Umur Simpan dalam Kemasan Plastik. Naskah Publikasi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Ruliawan MS. 2014. Aplikasi Model Arrhenius Untuk Pendugaan Masa Simpan Sosis Ayam Pada Penyimpanan Dengan Suhu Yang Berbeda Berdasarkan Nilai TVB dan pH. [Tesis]. Program Studi Magister Teknologi Industri Pangan. Universitas Pasudan. Bandung
- Sugiyono, Satyagraha H, Joelijani W, Syamsir E. 2012. Pendugaan Umur Simpan Produk Granula Ubi Kayu Menggunakan Isoterm Sorpsi Air. Artikel Pangan. 2(3): 233-243.
- Swastika N. 2009. Stabilisasi Tepung Bekatul Melalui Metode Pengukusan dan Pengeringan Rak serta Pendugaan Umur Simpannya. Institut Pertanian Bogor.
- Syarief R, Halid. 1993. Teknologi Penyimpanan Pangan. Penerbit Arcan Bekerja Sama dengan Pau Pangan dan Gizi. Peternakan . Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Tryanti E, Prasetyono, Mukodiningsih. 2013. Pengaruh bahan pengemas dan lama simpan terhadap kualitas fisik dan kimia wafer pakan koplit berbasis limbah argoindustri. Animal Agriculture Journal. 2(1): 400-409.
- Wahyuni S, Azis T, Dewi NDP, Juwita C, Holilah. 2020. Prediksi Umur Simpan Tepung Wikau Maombo Menggunakan Pendekatan Kadar Air Kritis. J. Sains dan Teknologi Pangan. 5 (3): 2950-2966.
- Wulandari A, Waluyo S, Novita DD. 2013. Prediksi Umur Simpan Kerupuk Kemplang Dalam Kemasan Plastik Polipropilen Beberapa Ketebalan. Jurnal Teknik Pertanian. 2(2): 105-114.