

**MASA KADALUARSA KERIPIK PISANG KEPOK (*Musa Paradisiaca*) RASA COKLAT
KEMASAN ALLUMINIUM FOIL MENGGUNAKAN METODE ACCELERATED SHELF LIFE
TESTING MELALUI PENDEKATAN ARRHENIUS**

*Expiration Date of Chocolate-Flavored Kepok Banana Chips (*Musa paradisiaca* L.) with Aluminum Foil Packaging Using the Accelerated Shelf Life Testing Method Through the Arrhenius Approach*

Saputera¹, Wijantri Kusumadati¹, Suparno^{1*}, Odi Andanu¹, Niko Semboja²

¹Dosen Program Studi Teknologi Industri Pertanian UPR

²Alumni Mahasiswa Program Studi Teknologi Industri Pertanian UPR

*Corresponding Author: Suparno@tip.upr.ac.id

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the decline in quality of chocolate-flavored kepok banana chips packaged in aluminium foil during storage at different temperatures and to determine the expiration date of chocolate-flavored kepok banana chips packaged in aluminum foil using the ASLT method through the Arrhenius approach. Based on the study results, the moisture content from week 1 to week 5 tended to be unstable due to humidity, temperature, and changing environmental conditions. Free Fatty Acid (FFA) levels got higher every week because they were influenced by environmental conditions such as temperature, thus affecting the increase in free fatty acid levels in chocolate-flavored banana chip products. During the organoleptic test in the last week of the study, the level of liking for color and aroma in chocolate-flavored banana chip products was somewhat liked, and the level of liking for taste and texture was neutral. The appropriate critical quality point parameter for calculating the expiration date was the FFA content using the ASLT method through the Arrhenius approach. The shelf life of chocolate-flavored banana chip products at each treatment temperature with storage for five weeks resulted in the length of shelf life: room temperature = 122.62 days or 4.09 months, at 40°C = 122.58 days or 4.06 months, and 50°C = 121.55 days or 4.05 months.

Keywords: *Expiration Date, Kepok Banana chips, Packaged Aluminium Foil, Method ASLT*

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penurunan mutu keripik pisang kepok rasa coklat kemasan aluminium foil selama penyimpanan pada suhu yang berbeda, dan untuk menentukan masa kadaluarsa keripik pisang kepok rasa coklat kemasan aluminium foil menggunakan metode ASLT melalui pendekatan Arrhenius. Berdasarkan hasil penelitian kadar air dari minggu ke-1 sampai minggu ke-5 cenderung tidak stabil, hal ini disebabkan karena kelembaban, suhu, maupun kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Kadar Free Fatty Acid (FFA) yang semakin tinggi setiap minggunya karena dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu sehingga mempengaruhi kenaikan kadar asam lemak bebas pada produk keripik pisang rasa coklat. Sedangkan uji organoleptik pada minggu terakhir selama penelitian tingkat kesukaan terhadap warna dan aroma pada produk keripik pisang rasa coklat dengan nilai agak suka, tingkat kesukaan terhadap rasa dan tekstur dengan nilai netral. Parameter titik mutu kritis yang tepat untuk penentuan perhitungan masa kadaluarsa yaitu kadar FFA menggunakan metode ASLT melalui pendekatan Arrhenius. Umur simpan produk keripik pisang rasa coklat pada setiap suhu perlakuan dengan penyimpanan selama 5 minggu dengan hasil lama umur simpan: suhu ruang = 122,62 hari atau 4,09 bulan, pada suhu 40 °C = 122,58 hari atau 4,06 bulan, dan pada suhu 50 °C = 121,55 hari atau 4,05 bulan.

Kata kunci: Masa Kadaluarsa, Keripik Pisang Kepok, Kemasan Aluminium Foil, Metode ASLT

PENDAHULUAN

Hasil pertanian merupakan produk yang tidak dapat disimpan dalam jangka waktu yang cukup lama dan sebagian merupakan produk mentah yang harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum nantinya dikonsumsi. Jika hasil pertanian tersebut menghasilkan produk akhir dan dijual dalam bentuk olahan atau awetan tentunya akan memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi dibandingkan jika dijual dalam bentuk produk mentah. Pengolahan pangan umumnya yang ada pada industri komersial bertujuan untuk memperpanjang masa simpan suatu produk, mengubah atau meningkatkan karakteristik produk (warna, cita rasa, tekstur), mempermudah penanganan dan distribusi, memberikan lebih banyak pilihan dan ragam produk pangan yang dipasarkan, meningkatkan nilai tambah ekonomis bahan baku, serta mempertahankan atau meningkatkan mutu, terutama mutu gizi. Menurut Andarwulan (2004), kriteria atau komponen mutu yang penting pada komoditas pangan adalah keamanan, kesehatan, flavor, tekstur, warna, umur simpan, kemudahan, kehalalan, dan harga.

Krepis adalah nama produk dari pengolahan hasil pertanian dengan produk olahannya keripik pisang kepok. Krepis ini merupakan produk olahan lokal yang diolah di Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah. Berdirinya produk Krepis ini yaitu pada tahun 2018 dan sempat berhenti produksi selama 2 tahun, tetapi pada awal tahun 2021 Krepis ini kembali produksi di Palangka Raya. Produk ini memiliki bermacam-macam varian rasa agar menarik dan tidak membosankan bagi konsumen. Varian rasa keripik pisang pada produk Krepis ini antara lain varian rasa original, coklat, balado, karamel dan putri salju, sehingga sangat digemari dan disukai dari kalangan anak-anak, remaja dan kalangan orang dewasa. Selain untuk dikonsumsi sehari-hari juga dapat dijadikan sebagai buah tangan untuk keluarga dikampung maupun diluar pulau kalimantan.

Usaha pengolahan keripik pisang ini sangat memiliki potensi untuk dikembangkan dengan teknik pengolahannya sangat mudah atau sederhana dan bermacam-macam inovasi yang dapat mengikuti era zaman sekarang. Kondisi potensi ini juga didukung dengan ketersediaan bahan baku yang mudah didapatkan dipasar-

pasar lokal maupun langsung dari kebun yang ada di Kalimantan Tengah. Produk Krepis dengan olahan keripik pisangnya memiliki berbagai varian rasa salah satunya varian rasa coklat, varian ini sangat banyak disukai oleh pembeli atau konsumen. Keripik pisang dengan rasa coklat ini adalah produk best seller dengan rasa yang manis dan dingin saat dikunyah, sehingga para konsumen banyak menyukai varian rasa ini.

Produk keripik pisang Krepis ini dikemas dengan menggunakan kemasan aluminium foil. Kemasan aluminium foil sangat populer dan sangat sering dipakai untuk mengemas produk dengan cukup baik, kemasan ini sangat mudah didapatkan dengan harga yang terjangkau. Kemasan aluminium foil memiliki permeabilitas yang cukup tinggi dengan ketebalan yang sangat baik untuk produk olahan kering. Aluminium foil memiliki sifat-sifat yaitu hermetis, fleksibel, tidak terpengaruh sinar matahari, tidak dapat terbakar, tidak bersifat menyerap bahan atau zat lain, tidak menunjukkan perubahan ukuran dengan berubahnya RH. Apabila secara ritmis kontak dengan air, biasanya tidak akan terpengaruh atau bila berpengaruh sangat kecil. Sifat-sifat mekanis aluminium foil yang sangat penting adalah "tensile strength", elastisitas dan daya tahannya terhadap sobekan dan lipatan (Suyitno, 1990). Kemasan aluminium foil merupakan kemasan simpan kedap uap air dan gas yang tahan terhadap pengaruh kelembaban dari luar kemasan sehingga dapat melindungi mutu fisik bahan yang disimpan (Rahayu dan Widajati, 2007). Semakin tebal aluminium foil yang digunakan maka semakin tinggi permeabilitas kemasan terhadap uap air dan oksigen, sehingga mengakibatkan terjadinya oksidasi dan hidrolisis terhadap lemak yang terkandung dalam bahan (Julianti & Nurminah, 2007).

Peraturan mengenai penentuan umur simpan bahan pangan telah dikeluarkan oleh Codex Alimentarius Commission pada tahun 1985 tentang Food Labelling Regulation. Di Indonesia, peraturan mengenai penentuan umur simpan bahan pangan terdapat dalam UU Pangan No. 7 tahun 1996 dan PP No. 69 tahun 1999. Salah satu komponen yang wajib ada dalam label tersebut adalah tanggal, bulan dan tahun kadaluarsa. Peraturan tersebut diatur dalam UU

Pangan No 7. Kendala yang sering dihadapi oleh setiap industri pangan adalah penentuan masa umur simpan suatu produk. Maka dari itu sangat diperlukan metode pendugaan umur simpan yang cepat, mudah, murah, dan mendekati umur simpan yang sebenarnya. Salah satu metode dalam penentuan umur simpan adalah Accelerated Shelf Life Testing (ASLT). Metode ini menggunakan suatu kondisi lingkungan yang dapat mempercepat terjadinya reaksi-reaksi penurunan mutu produk pangan (Labuza, 1982). Teknik ini dapat dilakukan secara cepat dengan memberikan stimulasi perlakuan suhu dan hasilnya dapat dipakai dalam mendeteksi penurunan mutu selama penyimpanan. Waktu pengujian yang dilakukan relatif singkat tetapi keakuratan dan akurasinya tinggi. Selanjutnya digunakan pendekatan Arrhenius sebagai persamaan untuk memperhitungkan perubahan energi aktivasi. Menurut Floros (1993), umur simpan merupakan faktor penting yang harus diketahui sebelum keripik pisang dikonsumsi. Pendugaan umur simpan pada produk pangan yang mudah mengalami ketengikan banyak ditentukan dengan model pendekatan Arrhenius. Pada prinsipnya, pendugaan umur simpan model Arrhenius dilakukan dengan menyimpan produk pangan pada suhu ekstrim dimana kerusakan produk pangan lebih cepat terjadi. Kemudian, umur simpan ditentukan berdasarkan ekstrapolasi ke suhu penyimpanan (Kusnandar, 2006; Haryati, dkk., 2015). Peningkatan suhu menyebabkan perubahan mutu cepat terjadi sehingga menyebabkan umur simpan pendek (Diniyah et al., 2015). Umur simpan juga dipengaruhi oleh kadar air awal, kadar air kritis, konstanta permeabilitas uap air kemasan, rasio luas kemasan dengan berat kering produk dan tekanan uap air jenuh pada kondisi penyimpanan (Herawati, 2008).

Model Arrhenius umumnya digunakan untuk produk yang sensitif terhadap suhu penyimpanan (Ritonga dkk, 2020). Model Arrhenius diterapkan untuk produk-produk pangan yang mudah rusak oleh akibat reaksi kimia, seperti oksidasi lemak, reaksi Maillard, denaturasi protein, dan sebagainya. Secara umum, laju reaksi kimia akan semakin cepat pada suhu yang lebih tinggi yang berarti penurunan mutu produk semakin cepat terjadi (Hariyadi dan Andarwulan, 2006).

Menurut National Food Processor Association, suatu produk dikatakan berada pada kisaran umur simpannya bila kualitas produk secara umum dapat diterima untuk tujuan seperti yang diinginkan konsumen dan selama bahan pengemas masih memiliki integritas serta memproteksi isi kemasan (Spada et al., 2018). Umur simpan produk pangan dapat diduga dan ditetapkan waktu kadaluarsanya dengan menggunakan dua konsep studi penyimpanan produk pangan yaitu dengan Extended Storage Studies (ESS) atau metode konvensional dan Accelerated Storage Studies (ASS) atau metode akselerasi (Asiah dkk., 2018; Hosseini et al., 2020 dalam Duka, 2023).

Sejauh ini, belum diketahui masa kadaluarsa ataupun lama umur simpan pada produk keripik pisang rasa coklat ini. Dengan demikian maka dilakukan penelitian tentang masa kadaluarsa produk kripik pisang, untuk mendapatkan hasil akhir sehingga nantinya diketahui masa kadaluarsa dan batas waktu kripik pisang yang baik dikonsumsi bagi konsumen.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini gelas ukur, timbangan, oven, aluminium foil, pipet, stopwatch, kamera, pipet tetes, neraca analitik, buret, statif, thermometer wall, hygrometer dan peralatan penunjang kegiatan penelitian lainnya.

Adapun bahan yang akan digunakan adalah keripik pisang kemasan aluminium foil pada varian rasa coklat dengan berat 100g/bungkus sebanyak 44 bungkus, aquades, NaOH 0,1 N, indikator PP, alkohol 96% dan bahan penunjang kegiatan penelitian lainnya.

Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan 3 perlakuan dengan suhu penyimpanan yang berbeda dan 4 ulangan sehingga dihasilkan 12 satuan percobaan. Total sampel yang diperlukan untuk pengamatan yaitu 60 bungkus, dan 4 bungkus untuk pengamatan pertama sebelum perlakuan, selanjutnya analisis dilakukan sekali dalam satu minggu sampai bahan/produk dinyatakan tidak dapat diterima bagi konsumen yang diperkirakan selama 5 minggu. Perlakuan yang digunakan adalah sebagai berikut: So =

penyimpanan suhu ruang, S1 = penyimpanan suhu 40°C, dan S2 = penyimpanan suhu 50°C.

Pembuatan Keripik Pisang

Tahapan pengolahan keripik pisang pada produk Krepis yang pertama menyiapkan sebanyak 20 kg pisang mengkal, adapun pisang yang digunakan yaitu pisang kepok. Langkah pertama pisang dikupas terlebih dahulu lalu direndam dalam air kapur yang bertujuan untuk menghilangkan getah pada pisang. Selanjutnya pisang diiris dan direndam kembali pada air kapur selama 10 menit yang bertujuan untuk produk kerepik pisang ini renyah setelah dilakukan penggorengan. Setelah direndam pisang dicuci menggunakan air bersih yang mengalir untuk membersihkan pisang dari kotoran seperti getah yang masih menempel. Pada pencucian pisang dilakukan pencucian beberapa kali agar pisang benar-benar bersih dari getahnya. Pisang yang sudah dicuci ditambahkan garam dengan sedikit air sebanyak 2-3 sendok dan lakukan penirisan sampai air benar-benar habis. Pisang digoreng dengan panas api yang sedang dengan minyak goreng yang dipelukan 4-5 liter, penggorengan ini dilakukan hingga terjadi perubahan warna pada pisang menjadi kekuningan. Setelah dilakukan penggorengan, maka dilakukan penirisan menggunakan spiner yang bertujuan untuk mengurangi kadar minyak pada keripik pisang. Pisang yang sudah digoreng dan menjadi keripik pisang dicampurkan dengan bumbu varian rasa coklat. Produk ini selanjutnya dikemas menggunakan kemasan aluminium foil dengan berat bersih masing-masing pada kemasan sebanyak 100 g.

Analisis terhadap produk

Pada analisis terhadap produk Keripik pisang yang pertama dilakukan yaitu menyiapkan sampel keripik pisang yang baru diproduksi. Sampel keripik pisang yang diuji memiliki berat bersih 100 per kemasan, dan dikemas dengan menggunakan kemasan aluminium foil. Analisis terhadap produk meliputi analisis kadar air, kadar FFA (Free Fatty Acid), dan uji organoleptik oleh 25 panelis.

Penentuan perubahan mutu keripik pisang

Menentukan batas kritis dilakukan dengan cara penyimpanan produk pada tempat yang memiliki kelembapan cukup tinggi. Penentuan batas kritis keripik pisang dilakukan dengan penyimpanan sampel masing-masing pada suhu ruang, 40°C dan 50°C. Penyimpanan pada suhu ruang hanya disimpan pada ruangan yang tidak terkena paparan sinar matahari secara langsung, dan penyimpanan pada suhu 40°C dan 50°C disimpan pada oven. Kemudian nilai ini nantinya digunakan sebagai perhitungan dalam pendugaan umur simpan produk. Analisa terhadap sampel dilakukan satu kali dalam per tujuh hari dilakukan analisa terhadap sampel, analisa dilakukan dari hari ke-0 dan minggu ke-1 sampai dengan minggu ke-5. Analisa yang dilakukan meliputi analisa kadar air, kadar FFA, dan uji organoleptik oleh 25 panelis.

Analisis dan Perhitungan Umur Simpan

Data-data yang dihasilkan dari hasil pengamatan kadar air, kadar FFA, dan uji organoleptik digunakan untuk menentukan umur masa simpan keripik pisang. Metode yang digunakan untuk penentuan umur masa simpan keripik pisang yaitu metode Accelerated Shelf Life Testing dengan pendekatan Arrhenius. Hasil dari pengamatan ini diperoleh dalam suatu bentuk grafik sehingga nantinya diperoleh persamaan regresi linearnya pada hasil pengamatannya. Rumus untuk menentukan masa kadaluarsa menggunakan metode ASLT melalui pendekatan Arrhenius yaitu: $K = K_0 e^{-E/RT}$ Dimana : K = Konstanta; K_0 = konstanta (tidak bergantung pada suhu); E = energi aktivasi; T = suhu mutlak (C+273); R = konstanta gas, 1,986 kal/mol.

Model Q10 digunakan untuk menduga masa kadaluarsa produk makanan tertentu yang disimpan pada suhu yang berbeda-beda. Q10 disebut dengan istilah faktor percepatan reaksi yang dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_{10} = \frac{\text{Laju penurunan mutu pada suhu } (T+10)}{\text{Laju penurunan mutu pada suhu } T} = \frac{ts(T)}{ts(T+10)}$$

dimana T = suhu penyimpanan (°C), ts (T) = masa kadaluarsa jika disimpan pada suhu T, dan ts (T+10) = masa kadaluarsa jika disimpan pada suhu T+10.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air

Suhu penyimpanan dan kemasan sangat berpengaruh terhadap kadar air suatu bahan pangan. Menurut Winarno (2002), kandungan air dalam bahan makanan ikut menentukan *acceptability*, kesegaran, daya tahan bahan produk. Faktor yang sangat berpengaruh terhadap penurunan mutu produk pangan adalah perubahan kadar air dalam produk. Aktivitas air merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi kestabilan makanan kering selama proses penyimpanan dan berkaitan erat dengan daya awet produk (Gita dan Danuji, 2018). Kadar air berfungsi menentukan kesegaran bahan pangan sehingga bentuk kadar air yang sangat tinggi akan mengakibatkan banyaknya bakteri khamir dan kapang yang berkembang biak sehingga terjadi perubahan

mutu pada bahan pangan dan mempercepat terjadinya pembusukan (Pratama *et al*, 2014).

Berdasarkan dari hasil uji lanjut nilai tengah terhadap uji kadar air dengan perlakuan suhu penyimpanan yang berbeda menunjukkan pada minggu ke 1-2 suhu ruang berbeda nyata dari suhu 40 °C, sedangkan suhu 40 °C tidak berbeda nyata dengan suhu 50 °C. Pada minggu ke-4, suhu ruang tidak berbeda nyata dengan suhu 40 °C, sedangkan suhu 50 °C berbeda nyata dengan suhu ruang dan suhu 40 °C. Pada minggu ke-5, suhu 40°C tidak berbeda nyata dengan suhu ruang dan suhu 50 °C, sedangkan suhu ruang berbeda nyata dengan suhu 50 °C. Dilihat pada Tabel 1 menunjukkan suhu ruang cenderung menurun, sedangkan pada suhu 40 °C dan suhu 50 °C cenderung mengalami peningkatan. Dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Rata-Rata Kadar Air (%) dan Kadar FFA (%) Selama Penyimpanan Keripik Pisang Rasa Coklat

Perlakuan	Kadar air pengamatan minggu ke-				
	I	II	III	IV	V
S ₀	3,05 ^a	2,16 ^a	3,14	2,07 ^a	2,04 ^a
S ₁	2,33 ^b	2,94 ^b	2,68	2,47 ^a	2,80 ^{ab}
S ₂	3,16 ^b	2,87 ^b	2,93	3,05 ^b	3,59 ^b
Perlakuan	Kadar FFA pengamatan minggu ke-				
	I	II	III	IV	V
S ₀	1,12 ^a	1,33 ^a	1,44 ^a	1,61 ^a	1,75 ^a
S ₁	1,61 ^b	1,79 ^b	2,14 ^b	2,34 ^b	2,44 ^b
S ₂	2,05 ^c	2,32 ^c	2,60 ^c	2,87 ^c	3,13 ^c

Keterangan: Nilai yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata pada uji nilai tengah Duncan (5%).

Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui bahwa tingkat kadar air produk keripik pisang ini pada penyimpanan dengan suhu yang berbeda cenderung mengalami penurunan maupun peningkatan, hal ini disebabkan karena kondisi lingkungan dan produk yang bersifat higroskopis. Higroskopis merupakan kemampuan suatu zat yang mampu menyerap molekul-molekul air dari sekitarnya. Peningkatan kadar air pada produk dapat menyebabkan beberapa kerusakan pada bahan misalnya perubahan pada rasa, maupun perubahan tekstur dan peningkatan asam lemak bebas. Kadar air dari minggu ke-1 sampai minggu ke-5 cenderung tidak stabil, hal dapat disebabkan karena kelembaban, suhu, maupun

kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Menurut Herawati (2008) dalam Riantika (2020) penyimpanan bahan pada suhu yang berbeda mampu memberikan hasil mutu yang berbeda pada bahan, disebabkan karena suhu memiliki peran dalam penyimpanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka laju penurunan mutu akan menjadi semakin cepat pula. Kadar air produk keripik pisang rasa coklat pada suhu ruang lebih rendah jika dibandingkan dengan suhu 40 °C dan 50 °C, perbedaan ini dapat disebabkan oleh perbedaan komposisi, karakteristik dan dimensi produk.

Ada beberapa faktor utama yang mengakibatkan terjadinya penurunan mutu pada produk bahan pangan, yaitu: massa oksigen, uap

air, cahaya, mikroorganisme. Menurut Herawati (2008) faktor-faktor yang dapat mengakibatkan penurunan mutu lebih lanjut, seperti seperti oksidasi lipida, kerusakan vitamin, kerusakan protein, perubahan bau, reaksi pencoklatan, perubahan unsur organoleptik, dan kemungkinan terbentuknya racun .

Menurut Afrianti (2017), dan Fiana dan Refdi, (2018), menyatakan bahwa terjadinya peristiwa migrasi uap air dari lingkungan ke produk selama penyimpanan dapat mengakibatkan penurunan mutu produk kering menjadi lembab atau tidak renyah.

Hasil penelitian Alfiyani et al. (2019) juga menyatakan bahwa, RH lingkungan berpengaruh terhadap umur simpan produk pangan. Pada RH tinggi, jumlah uap air lingkungan penyimpanan lebih banyak sehingga penyerapan uap air dari udara ke sampel lebih besar dibandingkan pada RH yang lebih rendah.

Kadar FFA

Nicoli (2012), menyatakan bahwa asam lemak mudah mengalami kerusakan terutama diakibatkan oleh kerusakan kimia karena pengaruh suhu sekitar. Kerusakan kimia yang rentan terjadi pada asam lemak yakni, reaksi oksidasi. Parameter yang dapat mengindikasikan terjadinya kerusakan kimia pada asam lemak diantaranya adalah angka peroksida, angka anisidin, dan total oksidasi.

Selama oksidasi asam lemak, oksigen bereaksi dengan lemak tak jenuh. Jumlah dan lokasi ikatan rangkap pada asam lemak atau trigliserida adalah salah satu faktor yang mempengaruhi laju oksidasi. Suhu adalah faktor penting yang dapat mempercepat terjadinya reaksi oksidasi (Anastasya, dkk, 2022).

Nilai rata-rata FFA selama penyimpanan pada suhu yang berbeda disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil analisis ragam yang berpengaruh nyata sehingga dilanjutkan dengan uji nilai tengah duncan. Hasil analisis duncan pada penyimpanan minggu ke-1 sampai minggu ke-5 terdapat hasil yang berbeda nyata. Hasil analisis duncan yang dilakukan selama penyimpanan dari minggu ke-1 sampai minggu ke-5 pada suhu ruang, suhu 40 °C dan suhu 50 °C dari ketiga perlakuan ini semuanya dinyatakan berbeda nyata. Kadar FFA yang

semakin tinggi setiap minggunya karena dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu sehingga mempengaruhi kenaikan kadar asam lemak bebas pada produk keripik pisang rasa coklat.

Pengukuran tingkat ketengikan keripik pisang kepok rasa coklat dilakukan dengan pengujian angka FFA. Nilai FFA menunjukkan banyaknya malondialdehid yang terkandung pada sampel. TBA akan bereaksi dengan malondialdehid sehingga membentuk kromogen berwarna pink (Jung dkk., 2016). Malondialdehid adalah produk oksidasi sekunder dari degradasi hidroperoksida. Hidroperoksida sebagai produk oksidasi primer bersifat tidak stabil sehingga mudah mengalami degradasi menjadi senyawa turunannya seperti malondialdehid (Koh dan Jeonghee, 2015). Hidroperoksida dapat terbentuk akibat terjadinya oksidasi minyak karena paparan oksigen dan penggunaan suhu tinggi selama penggorengan. Semakin banyak lemak yang teroksidasi maka produk tersebut mengalami penurunan mutu yang berujung pada kerusakan produk. Minyak yang kontak langsung dengan udara dan suhu tinggi dapat mengakibatkan kerusakan oksidatif. Rantai karbon dalam ikatan rangkap akan putus, sehingga asam lemak bebas dan bilangan peroksida bertambah (Gunawan et al., 2003).

Nilai lemak yang tinggi karena proses penggorengan membentuk sifat yang mudah rusak apabila kontak dengan udara sehingga menyebabkan tengik dan melempem karena peningkatan kadar air . Bau tengik yang muncul terjadi selain akibat adanya kontak dengan oksigen (oksidasi), juga karena adanya kontak dengan molekul air (hidrolisis) atau kontak dengan logam (Angelia, 2016). Ketengikan menyebabkan penurunan kualitas sensoris karena merubah rasa dan aroma, sementara peningkatan kadar air menyebabkan melempem yang mempengaruhi penilaian nilai kerenyahan (Nuraini dan Widanti, 2020).

Uji Organoleptik

Tingkat penerimaan produk pangan dari kenampakan dipengaruhi oleh perubahan warna karena perubahan warna akan menunjukkan juga perubahan nilai gizi, sehingga perubahan warna dijadikan indikator penurunan mutu. Perubahan

warna biasanya disebabkan oleh reaksi pencoklatan secara enzimatis (Harianingsih, 2010). Dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Rata-Rata Uji Organoleptik Selama Penyimpanan Keripik Pisang Rasa Coklat

Perlakuan	Warna pengamatan minggu ke-				
	I	II	III	IV	V
S ₀	6,08	6,09 ^b	6,44	5,84 ^b	5,92 ^b
S ₁	5,88	5,40 ^a	6,12	5,56 ^a	5,32 ^a
S ₂	5,80	5,52 ^a	6,20	5,60 ^{ab}	5,40 ^{ab}
Perlakuan	Aroma pengamatan minggu ke-				
	I	II	III	IV	V
S ₀	5,76	5,48 ^b	6,24	5,68 ^b	5,76 ^b
S ₁	5,56	5,12 ^{ab}	6,00	5,36 ^{ab}	5,52 ^{ab}
S ₂	5,24	4,68 ^a	5,76	5,01 ^a	5,12 ^a
Perlakuan	Rasa pengamatan minggu ke-				
	I	II	III	IV	V
S ₀	6,08 ^b	6,28 ^c	6,64 ^b	6,37 ^b	5,92 ^b
S ₁	6,04 ^{ab}	5,29 ^b	5,96 ^a	5,72 ^a	5,44 ^b
S ₂	5,56 ^a	4,68 ^a	5,56 ^a	5,24 ^a	4,64 ^a
Perlakuan	Tekstur pengamatan minggu ke-				
	I	II	III	IV	V
S ₀	6,20 ^b	5,84 ^b	6,36 ^b	5,92 ^b	6,54 ^b
S ₁	5,60 ^b	5,32 ^b	5,76 ^a	5,46 ^{ab}	4,68 ^{ab}
S ₂	4,96 ^a	4,36 ^a	5,28 ^a	4,93 ^a	4,02 ^a

Keterangan: Nilai yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata pada uji nilai tengah Duncan (5 %).

Nilai rata-rata tingkat kesukaan panelis terhadap warna keripik pisang rasa coklat dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai rata-rata kesukaan terhadap keripik pisang yang diberikan panelis berkisar antara 5,32 – 6,44. Warna yang paling disukai panelis adalah keripik pisang dengan perlakuan S₀ (penyimpanan suhu ruang) dengan warna yang dihasilkan adalah agak kuning kecoklatan. Menurut Winarno, (2010), secara visual warna lebih tampil terdahulu sehingga sangat menentukan. Suatu bahan yang dinilai bergizi, enak dan teksturnya sangat baik tidak akan di makan apabila memiliki warna yang tidak sedap dipandang atau memberi kesan telah menyimpang dari warna yang seharusnya.

Nilai Rata-rata tingkat kesukaan panelis terhadap aroma keripik pisang rasa coklat dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil uji organoleptik nilai rata-rata kesukaan terhadap keripik yang diberikan panelis berkisar antara 4,68 – 6,24. Aroma yang paling disukai panelis adalah keripik yang dibuat dengan penyimpanan suhu ruang. Pada penelitian pendahuluan yang dilakukan aroma yang dihasilkan aroma khas

keripik pisang. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh penambahan penyedap rasa terhadap aroma, dimana penyedap rasa juga sebagai penambah cita rasa makanan dan sumber antioksidan.

Nilai Rata-rata tingkat kesukaan panelis terhadap rasa keripik pisang rasa coklat dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai rata-rata kesukaan terhadap keripik pisang yang diberikan panelis berkisar antara 4,64 - 6,64. Panelis menilai dengan kriteria agak suka sampai sangat suka. Hasil mutu hedonik menunjukkan bahwa nilai rata-rata tiap perlakuan menurun pada perlakuan penyimpanan suhu ruang.

Rasa suatu bahan dapat dipengaruhi oleh senyawa kimia konsentrasi dan interaksi dengan komponen rasa lain (Winarno, 2010). Rasa makanan berasal dari campuran dan tanggapan cicipan yang dilakukan indra perasa dan bau (Putri & Mardesci, 2018).

Faktor tekstur diantaranya adalah rabaan oleh tangan, keempukan, kemudahan dikunyah serta kerenyahan makanan. Untuk itu cara pemasakan bahan makanan dapat mempengaruhi

kualitas tekstur makanan yang dihasilkan (Meilgaard *et al.*, 2016). Lama umur simpan juga akan mempengaruhi tekstur dari keripik pisang rasa coklat. Menurut Rahmanto *dkk.*, (2014), tingkat penerimaan produk pangan dari tekstur sangat dipengaruhi oleh kadar air, semakin lama penyimpanan kadar air semakin meningkat.

Pada Tabel 2, terlihat bahwa tekstur produk keripik pisang semakin lama penyimpanan semakin menurun baik pada suhu ruang maupun pada suhu yang lainnya.

Nilai Rata-rata tingkat kesukaan panelis terhadap tekstur keripik pisang rasa coklat dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil uji organoleptik nilai rata-rata kesukaan tekstur terhadap keripik yang diberikan panelis berkisar antara 4,02 – 6,54. Tekstur yang paling disukai panelis pada penyimpanan suhu ruang.

Pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa rata-rata penilaian keripik pisang rasa coklat yang dilakukan oleh panelis terpilih produk terbaik pada penyimpanan suhu ruang yaitu produk keripik pisang rasa coklat dengan rata-rata nilai tertinggi adalah 6,01 (sangat suka).

Penentuan Parameter Kritis dan Titik Kritis Mutu Produk

Menurut Hariyadi (2012), reaksi kimia yang terjadi pada umumnya disebabkan oleh

suhu, sehingga model Arrhenius mensimulasikan percepatan kerusakan dari produk pada kondisi suhu penyimpanan lebih tinggi atau diatas suhu normal. Laju reaksi kimia yang menimbulkan kerusakan produk pada pangan umumnya mengikuti ordo reaksi 0 dan ordo reaksi 1. Salah satu kriteria dalam pemilihan atau penentuan parameter mutu untuk menentukan masa kadaluwarsa pada produk seperti parameter mutu, yaitu; yang paling cepat mengalami penurunan mutu selama penyimpanan yang ditunjukkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang paling besar yang mendekati angka ordo reaksi.

Ordo reaksi menyatakan besarnya pengaruh konsentrasi pereaksi pada laju reaksi yang hanya dapat ditentukan secara eksperimen. Pada reaksi ordo satu menjelaskan terkait penurunan mutu yang bersifat logaritmik atau penurunan yang semakin rendah seiring dengan lama penyimpanan, umumnya karakteristik tersebut dimiliki oleh produk yang rentan terhadap kerusakan warna oksidatif, kehilangan vitamin, inaktivasi mikroba, dan kerusakan tekstur karena suhu. Sementara itu, reaksi ordo nol ditandai dengan perubahan mutu produk yang bersifat konstan, umumnya karakteristik tersebut dimiliki oleh produk beku dan produk yang rentan terhadap pencoklatan non enzimatis.

Tabel 3. Nilai R^2 Ordo Reaksi Kadar Air dan FFA Selama Penyimpanan pada Suhu yang Berbeda

Parameter	Persamaan regresi	R^2	Rata-rata	Ordo reaksi
Kadar air	Suhu ruang $Y = -0,212 x + 3,127$	0,385	0,401	0
	Suhu 40 °C $Y = 0,103 x + 2,811$	0,496		
	Suhu 50 °C $Y = 0,048 x + 2,498$	0,329		
Kadar FFA	Suhu ruang $Y = 0,134 x + 1,057$	0,985	0,974	1
	Suhu 40 °C $Y = 0,261 x + 1,251$	0,978		
	Suhu 50 °C $Y = 0,366 x + 1,436$	0,958		

Dalam penentuan parameter mutu kritis dilakukan dengan memilih nilai (R^2) yang paling besar dari orde reaksi, yaitu orde reaksi 1 dari hasil regresi antara parameter masa simpan

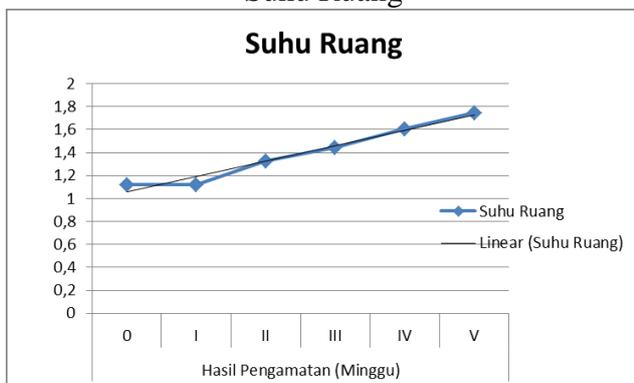
dengan suhu yang berbeda-beda. Berdasarkan Tabel 3, dapat diketahui nilai rata-rata kadar air persamaan regresi R^2 lebih rendah dibandingkan dengan nilai rata-rata R^2 FFA. Sehingga

persamaan parameter kadar FFA ditentukan sebagai parameter kritis yang digunakan dalam menentukan masa kadaluarsa produk keripik pisang rasa coklat, dengan nilai rata-rata R^2 adalah 0,974 sedangkan rata-rata R^2 kadar air 0,401. Maka hasil analisis menunjukkan bahwa ordo reaksi yang terjadi pada kadar FFA yang lebih cenderung mendekati ordo reaksi 1, sehingga FFA lebih tepat untuk digunakan dalam penentuan masa kadaluarsa menggunakan model Arrhenius. Penentuan titik kritis didapatkan dari nilai FFA pada penyimpanan minggu ke-5 yang ditunjukkan dengan tingkat kesukaan rasa pada uji organoleptik menunjukkan batas penerimaan panelis yaitu netral pada suhu 50 °C penyimpanan minggu ke-5.

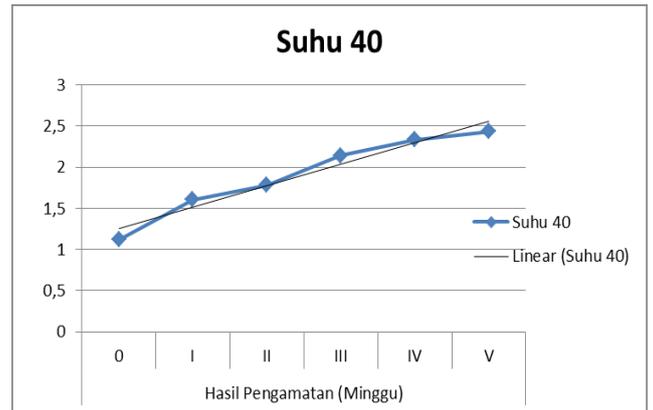
Penentuan Masa Kadaluarsa

Peningkatan kadar FFA pada produk keripik pisang rasa coklat yang disimpan pada tiga perlakuan dengan suhu yang berbeda-beda, dapat dibuat grafik hubungan antara waktu penyimpanan dan peningkatan FFA pada masing-masing suhu penyimpanan yaitu suhu ruang, suhu 40 °C dan suhu 50 °C. Grafik hubungan antara waktu penyimpanan dengan kenaikan FFA pada produk keripik pisang (%) sebagai kordinat pada penyimpanan suhu ruang, suhu 40 °C dan suhu 50 °C disajikan pada Gambar 1-3.

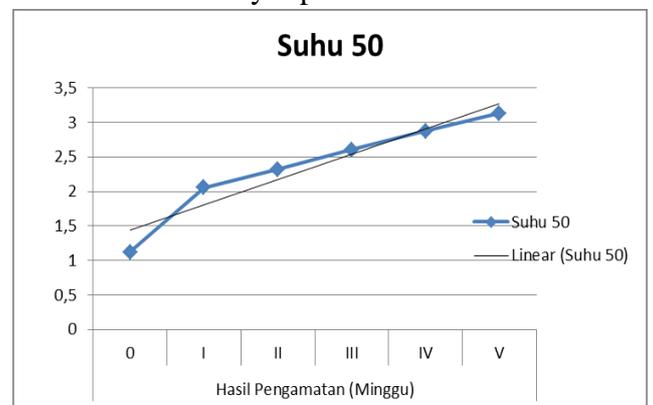
Gambar 1. Hubungan Antara Waktu Penyimpanan dengan Kenaikan FFA (%) Produk Keripik Pisang Rasa Coklat Penyimpanan pada Suhu Ruang



Gambar 2. Hubungan Antara Waktu Penyimpanan dengan Kenaikan FFA (%) Produk Keripik Pisang Rasa Coklat pada Suhu Penyimpanan 40 °C



Gambar 3. Hubungan Antara Waktu Penyimpanan dengan Kenaikan FFA (%) Produk Keripik Pisang Rasa Coklat pada Suhu Penyimpanan 50 °C

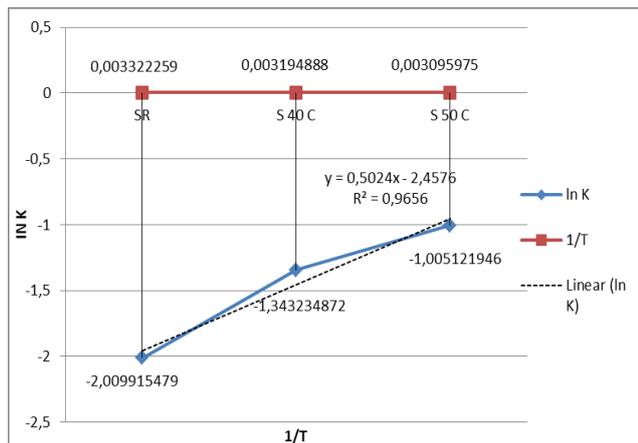


Hasil dari hubungan antara waktu penyimpanan dengan peningkatan FFA dari masing-masing suhu penyimpanan yaitu; suhu ruang, suhu 40 °C dan suhu 50 °C, diperoleh persamaan garis lurus dari masing-masing suhu penyimpanan, sebagai berikut:

Suhu ruang : $y = 0,134x + 1,057$ dan $R^2 = 0.985$
40 °C : $y = 0,261x + 1,251$ dan $R^2 = 0.978$
50 °C : $y = 0,366x + 1.436$ dan $R^2 = 0.958$

Nilai slope dari ketiga persamaan tersebut merupakan nilai K dari masing- masing suhu penyimpanan. Setelah mendapatkan nilai K dari masing-masing suhu penyimpanan maka selanjutnya dibuat plot Arrhenius dengan nilai ln K sebagai kordinat dan nilai 1/T sebagai absis. Plot Arrhenius dari produk keripik pisang rasa coklat yang diteliti dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4. Hubungan Antara Persamaan 1/T dengan Nilai Ln K Produk Keripik Pisang Rasa Coklat



Berdasarkan analisis regresi linear terhadap grafik hubungan 1/T dengan ln K didapatkan persamaan garis $y = 0.5024x - 2.4575$, $R^2 = 0.9656$ dimana nilai slope dari persamaan tersebut merupakan nilai $-E/R$ dari hasil persamaan Arrhenius, sehingga dapat diperoleh nilai energi aktivasi dari keripik pisang rasa coklat sebagai berikut:

$$E/R = -0.5024 \text{ K}$$

$$R = 1.986 \text{ kal/mol K}$$

$$E = 0.99578 \text{ kal/mol}$$

Nilai intersep merupakan nilai ln K_0 dari persamaan Arrhenius, sehingga:

$$\ln K_0 = 0.5024$$

$$K_0 = 0,0165$$

Berdasarkan hasil nilai dari E/R dan K_0 yang telah didapatkan, maka didapatkan persamaan Arrhenius sebagai berikut $K = K_0 e^{-E/RT}$, dari persamaan Arrhenius maka nilai konstanta dapat diketahui laju penurunan mutu FFA pada produk keripik pisang rasa coklat sesuai dengan penyimpanan suhu yang berbeda, sebagai berikut:

$$\text{Suhu Ruang} \quad K = 0,01639244$$

$$\text{Suhu } 40^\circ\text{C} \quad K = 0,01639757$$

$$\text{Suhu } 50^\circ\text{C} \quad K = 0,01640156$$

Setelah didapatkan nilai konstanta laju penurunan mutu FFA dari produk keripik pisang rasa coklat yang diteliti, maka dapat ditentukan masa kadaluarsa produk keripik pisang rasa coklat pada masing-masing suhu berdasarkan hasil dari persamaan Arrhenius.

Berdasarkan nilai konstanta pada laju penurunan mutu kadar FFA maka didapatkan

hasil nilai sebagai umur simpan produk keripik pisang rasa coklat pada masing-masing suhu penyimpanan, adalah sebagai berikut: suhu ruang = 122,62 hari atau 4,09 bulan atau 4 bulan, pada suhu 40°C = 122,58 hari atau 4,06 bulan atau 4 bulan, dan pada suhu 50°C = 121,55 hari atau 4,05 bulan atau 4 bulan. Beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan umur simpan produk antara lain karakteristik bahan pangan, suhu, RH, serta nilai permeabilitas kemasan (Budijanto, *et al.*, 2010).

KESIMPULAN

Kesimpulan

Karakteristik mutu awal pada produk keripik pisang rasa coklat yang diujikan pada penelitian ini yaitu nilai kadar air, kadar FFA, dan uji organoleptik. Selama masa penyimpanan dengan suhu yang berbeda-beda, terjadi tingkat penurunan mutu yang ditunjukkan dengan adanya peningkatan nilai kadar air dan kadar FFA, serta terjadi penurunan tingkat kesukaan pada uji organoleptik. Parameter mutu kritis yang digunakan dalam penentuan masa simpan atau masa kedaluwarsa keripik pisang rasa coklat dengan nilai rata-rata $R(^2)$ pada kadar air sebesar 26,31% sedangkan pada nilai rata-rata $R(^2)$ pada kadar FFA sebesar 97,36%. Hal ini menunjukkan bahwa orde reaksi yang terjadi pada parameter FFA sangat mendekati pada orde reaksi 1, sehingga pada kadar air mendekati orde reaksi 0. Sehingga parameter titik mutu kritis yang tepat untuk penentuan perhitungan masa kedaluwarsa yaitu kadar FFA menggunakan metode ASLT melalui pendekatan Arrhenius. Dari hasil nilai konstanta pada laju penurunan mutu kadar FFA, didapatkan hasil nilai sebagai umur simpan produk keripik pisang rasa coklat pada setiap masing-masing suhu penyimpanan, yaitu sebagai berikut: suhu ruang = 122,62 hari atau 4,09 bulan atau 4 bulan, pada suhu 40°C = 122,58 hari atau 4,06 bulan atau 4 bulan, dan pada suhu 50°C = 121,55 hari atau 4,05 bulan atau 4 bulan.

Saran

Disarankan untuk penilaian warna, sebaiknya menggunakan alat colour reader untuk meningkatkan kevalidan dan ketepatan hasil. Selain itu, potensi kerusakan keripik pisang yang

disebabkan oleh reaksi ketengikan juga harus mendapatkan pertimbangan dalam menentukan umur simpan produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanti. (2017). Pendugaan umur simpan keripik tempe sagu menggunakan pengemas plastik polipropilen dengan metode Arrhenius. *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*, 1(1), 71–79. <https://doi.org/10.26877/jiphp.v1i1.1353>
- Alfiyani, N., Wulandari, N., & Adawiyah, D. R. (2019). Validasi metode pendugaan umur simpan produk pangan renyah dengan metode kadar air kritis. *Jurnal Mutu Pangan: Indonesian Journal of Food Quality*, 6(1), 1–8.
- Anastasya, K. W., Budiyanti, S. A., & Erista, A. (2022). Pendugaan umur simpan asam lemak *Ulva lactuca* dengan metode ASLT. *Biofoodtech: Journal of Bioenergy and Food Technology*, 1(1), 9–19.
- Angelia, I. K. A. O. (2016). Reduksi tingkat ketengikan minyak kelapa dengan pemberian antioksidan ekstrak daun sirih (*Piper betle*, Linn). *Jurnal Technopreneur (JTech)*, 4(1), 32–36.
- Asiah, N., Cempaka, L., & David, W. (2018). *Panduan Praktis: Pendugaan Umur Simpan Produk Pangan*. Jakarta: UB Press.
- Budijanto, S., Sitanggang, A. B., & Kartika, Y. D. (2010). Penentuan umur simpan tortilla dengan metode akselerasi berdasarkan kadar air kritis serta permodelan ketepatan sorpsi isotermnya. *Jurnal Teknologi dan Ilmu Pangan*, 21(2), 165–170.
- Diniyah, N., Subagio, A., & Akhiriani, A. (2015). Pendugaan umur simpan “beras cerdas” berbasis mocaf, tepung jagung menggunakan metode accelerated shelf-life dengan pendekatan Arrhenius. *Jurnal Warta*, 32(1), 1–8.
- Duka, F. S. (2023). *Pengaruh Jenis Kemasan terhadap Pendugaan Umur Simpan Tepung Premix Roti Tawar Berbasis Tepung Beras Termodifikasi dengan Metode ASLT Model Pendekatan Kadar Air Kritis*. Tesis, Program Magister Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Fiana, R., & Refdi, C. (2018). Pendugaan umur simpan minuman instan teh kombucha menggunakan pendekatan kadar air kritis dengan metode accelerated shelf life test. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 22(2), 150–156. <https://doi.org/10.2507/jtpa.v22i2.150-156>.
- Floros, J. D. (1993). *Shelf Life Prediction of Packaged Foods: Chemical, Biological, Physical and Nutrition Aspects*. London: Elsevier Publishing.
- Gita, R. S. D., & Danuji, S. (2018). Studi pembuatan biskuit fungsional dengan substitusi tepung ikan gabus dan tepung daun kelor. *Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 1(2), 155–162. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v1i2.449>.
- Gunawan, T., Triatmo, & Rahayu, A. (2003). Analisis penentuan angka peroksida dan asam lemak bebas pada minyak kedelai dengan variasi menggoreng. *Jurnal Staf Kimia Analitik*, 6(3), 1–6.
- Hariyadi, P., & Andarwulan, N. (2006). Perubahan mutu (fisik, kimia, dan mikrobiologi) produk pangan selama pengolahan dan penyimpanan. Di dalam *Modul Pelatihan Pendugaan dan Pengendalian Masa Kadaluarsa Bahan dan Produk Pangan*. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan dan Seafast Center IPB. Bogor.
- Haryati, T. E., Feronika, H., & Ahmadi, K. (2015). Pendugaan umur simpan tape ketan hitam Mojokerto. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(1), 156–165.
- Herawati, H. (2008). *Penentuan Umur Simpan pada Produk Pangan*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, Jawa Tengah
- Julianti, E., & Nurminah, M. (2007). *Teknologi Pengemasan*. Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, USU. Medan. <http://ecourse.usu.ac.id/content/teknologi/teknologi/textbook.pdf>.
- Jung, S., Ki, C. N., & Cheorun, J. (2016). Detection of malondialdehyde in processed meat products without interference from the ingredients. *Food Chemistry*, 209, 90–94.

- Koh, E., & Jeonghee, S. (2015). Food types and frying frequency affect the lipid oxidation of deep frying oil for the preparation of school meals in Korea. *Food Chemistry*, 174, 467–472.
- Kusnandar, F. (2006). Desain percobaan dalam penetapan umur simpan produk pangan dengan metode ASLT (model Arrhenius dan kadar air kritis). Di dalam *Modul Pelatihan Pendugaan dan Pengendalian Masa Kadaluwarsa Bahan dan Produk Pangan*. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan dan Seafast Center IPB. Bogor.
- Meilgaard, M., Vance, C. G., & Thomas, C. B. (2016). *Sensory Evaluation Techniques* (5th ed.). CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL - USA. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2007.00330.x>.
- Nicoli, M. C. (2012). *An Introduction to Food Shelf Life: Definitions, Basic Concepts, and Regulatory Aspects*. USA: CRC Press.
- Nuraini, V., & Widanti, Y. A. (2020). Pendugaan umur simpan makanan tradisional berbahan dasar beras dengan metode accelerated shelf life testing melalui pendekatan Arrhenius dan kadar air kritis. *Jurnal Agroteknologi*, 14(2), 189–198.
- Pratama, R. I., Rostini, I., & Liviawaty, E. (2014). Karakteristik biskuit dengan penambahan tepung tulang ikan jangilus (*Istiophorus* sp). *Jurnal Akuatika*, 5(1), 30–39.
- Putri, R. M. S., & Mardesci, H. (2018). Uji hedonik biskuit cangkang kerang simping (*Placuna placenta*) dari perairan Indragiri Hilir. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 7(2), 19–29.
- Rahayu, E., & Widajati, E. (2007). Pengaruh kemasan, kondisi ruang simpan, dan periode simpan terhadap viabilitas benih caisin. *Bul. Agron*, 35(3), 191–196.
- Rahmanto, S. A., Heri R. P., & Asri, A. (2014). Pendugaan umur simpan fruit leather nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dengan penambahan gum arab menggunakan metode accelerated shelf-life test model Arrhenius. *Jurnal Teknosains Pangan*, 3(3), 35–43.
- Ritonga, A. M., Masrukhi, & Siswantoro. (2020). Pendugaan umur simpan gula kelapa kristal menggunakan metode akselerasi berdasarkan pendekatan kadar air kritis. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 21(1), 11–18.
- Winarno, F. G. (2002). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, F. G. (2010). *Enzim Pangan*. Bogor: M-Brio Press