



Pendugaan masa simpan beras rendang dalam kemasan kertas minyak dan *edible film* tapioka menggunakan metoda akselerasi

Fajar Restuhadi *, Dewi Fortuna Ayu, Winda Kusuma Dewi

Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

Article history

Diterima:
9 November 2022
Diperbaiki:
16 Januari 2023
Disetujui:
16 Januari 2023

Keyword

beras rendang;
edible film;
oil paper;
shelf life;

ABSTRACT

Beras rendang is a traditional food from Payakumbuh, West Sumatra. Beras rendang is made from white glutinous rice flour, which is roasted until dried and then mixed with liquid sugar and coconut milk, then cooked in a big pan. Since it is rich in fat from coconut milk, it can easily turn rancid during storage. Beras rendang is usually packed with oil-paper, but the nature of its glutinous rice ingredient makes it sticky enough to the paper and hard to peel off later. Therefore, this study is performed to use tapioca edible film as an alternative packing to the paper. The shelf life of beras rendang, which is packed with the paper compared to tapioca edible film, was estimated in this research. Then, the acceleration method was conducted by storing beras rendang for 30 days at three different temperatures, i.e., 30, 35, and 40°C, to estimate the shelf life of beras rendang. The parameters observed were sensory assessments of rancidity and thiobarbituric acid (TBA) values of beras rendang during storage. Data were analyzed using linear regression, then the equations obtained were used to calculate the shelf life of beras rendang at normal temperature (27°C). Based on rancidity sensory, the beras rendang shelf life packed with edible tapioca film was 59.26 days on the zero-order reaction with the regression equation of $y = -4542.9x + 11.545$, activation energy of $9,022.19 \text{ cal.mol}^{-1}$, and quality degradation rate of 0.027 quality unit per day. Meanwhile, based on the TBA value, the beras rendang shelf life packed with the paper was 45.15 days on the zero-order reaction with the regression equation of $y = -1991.7x - 2.3267$, with an activation energy of $3,955.51 \text{ kal.mol}^{-1}$, and quality degradation rate of 0.013 quality unit per day. It is found that beras rendang stored using edible tapioca film had a longer shelf life than paper packing. Therefore, the edible tapioca film as a packing alternative shows more advantages than paper packing in terms of its ability to prolong the shelf life, and its convenience to consume the beras rendang without needing to peel it off, because the film is edible.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email : f.restuhadi@lecturer.unri.ac.id
DOI 10.21107/agrointek.v18i2.17370

PENDAHULUAN

Beras rendang merupakan santapan konvensional yang berasal dari Payakumbuh dan sekitarnya, Sumatera Barat (Murtius *et al.* 2020). Beras rendang terbuat dari tepung beras ketan putih yang disangrai hingga kering kemudian dicampurkan dengan cairan gula dan santan yang telah dimasak. Karakteristik dari beras rendang berwarna putih, bertekstur lunak, memiliki permukaan kasar dan berminyak serta bercita rasa manis.

Beras rendang memiliki masa simpan relatif singkat, hal ini disebabkan oleh kandungan lemak yang tinggi. Kandungan lemak yang tinggi pada beras rendang berasal dari lemak santan yang menyebabkan perubahan *flavor* menjadi tengik, ditandai dengan bau tengik dan munculnya bintik hitam di permukaan beras rendang (Murtius *et al.* 2020). Ketengikan terjadi karena oksidasi lemak yang terjadi pada produk sehingga menyebabkan penurunan masa simpan dan nilai gizi produk. Salah satu usaha untuk mempertahankan kualitas bahan pangan yaitu dengan mengembangkan sistem kemasan produk. Kemasan dapat menghambat kerusakan pada produk pangan karena produk tidak terkontaminasi langsung dengan lingkungan dan menambah nilai jual (Cahyo *et al.* 2016)

Kemasan yang digunakan untuk mengemas beras rendang adalah kertas minyak. Kelebihan kertas minyak sebagai kemasan yaitu harganya yang relatif murah. Namun, kertas minyak juga memiliki kelemahan yaitu memiliki permeabilitas uap air yang tinggi, sehingga terjadi penyerapan udara dan uap air yang menyebabkan makanan cepat rusak (Nurminah 2002). Selain itu kertas minyak memiliki densitas yang tinggi yaitu 1.188 g/m³ (Pratama 2016). Oleh karena itu, diperlukan pemilihan kemasan yang tepat untuk mengatasi permasalahan dalam kerusakan beras rendang. Salah satu kemasan yang dapat meningkatkan masa simpan beras rendang adalah *edible film*.

Edible film adalah teknologi kemasan makanan berupa lapisan tipis yang digunakan untuk mengemas makanan atau sebagai lapisan yang berada di antara produk makanan untuk menghalangi transfer massa yang dapat menurunkan kualitas dari makanan. Kelebihan *edible film* sebagai pengemas yaitu dapat langsung dikonsumsi dengan bahan yang dikemas, dan dapat mempertahankan masa simpan produk

karena menghalangi transfer minyak, oksigen, dan uap air (Sara 2015).

Bahan untuk *edible coating* dan *film* biasanya dibuat dari biopolimer alami yang dapat dimakan, yang melindungi makanan dari perpindahan uap air dan gas terhadap lingkungan luar. Polisakarida, seperti pektin, pati, alginat, karagenan, dan xanthan, lazim digunakan untuk mengurangi kemasan plastik tradisional. Polisakarida sering digunakan sebagai bahan *edible film* karena bersifat *biodegradable*, tembus cahaya atau transparan, tidak berwarna, tidak beraroma, murah dan tidak berasa serta *edible* (Mohamed *et al.* 2020).

Lebih lanjut, penggunaan polisakarida seperti tapioca dan agar juga banyak digunakan untuk *edible coating* dan *film* yang berfungsi sebagai pembungkus dan kemasan bahan pangan. Fungsi utama sebagai pembungkus bahan pangan adalah untuk melindungi produk dari reaksi-reaksi fisiologis dan biologis sebagai akibat kontak dan interaksi dengan lingkungan yang sangat mempengaruhi keawetan dan masa simpan produk (Floros and Gnanasekharan 1993).

Masa simpan produk pangan merupakan salah satu informasi yang sangat penting diketahui oleh konsumen, karena terkait dengan keamanan produk pangan (Wasono and Yuwono 2014, Cahyo *et al.* 2016). Penentuan masa simpan produk pangan bisa dilakukan dengan cara *extended storage studies* (ESS) dan *accelerated shelf life testing* (ASLT). Metoda ESS diterapkan untuk menetapkan masa kedaluarsa suatu produk dengan cara menaruh produk pada situasi penyimpanan yang sesungguhnya. Metoda ini membutuhkan durasi yang lama serta biaya yang besar. Sebaliknya metoda ASLT, atau lazim dikenal dengan cara akselerasi, membutuhkan durasi pengujian yang relatif pendek serta analisis standar mutu yang tidak banyak sehingga menghemat biaya (Budijanto *et al.* 2010, Wasono and Yuwono 2014, Cahyo *et al.* 2016, Calligaris *et al.* 2022). Metoda ASLT dilaksanakan dengan cara menyimpan produk pangan pada lingkungan yang dapat menyebabkan produk cepat cacat, baik akibat situasi temperatur, atau pun humiditas ruang penyimpanan yang tinggi (Calligaris *et al.* 2022).

Pendugaan masa simpan produk pangan dengan memakai cara akselerasi telah banyak digunakan dalam penelitian-penelitian sebelumnya. (Novitasari *et al.* 2019) telah

melakukan penelitian tentang pendugaan masa simpan wajik dalam kemasan *edible film* tapioka serta diperoleh hasil bahwa penggunaan *edible film* tapioka dapat memperpanjang masa simpan wajik hingga 45 hari pada suhu 29°C menggunakan metoda akselerasi. (Ayu 2016) telah melakukan penelitian pendugaan masa simpan dodol nanas dengan pengemas *edible film* tapioka dan diperoleh hasil masa simpan dodol nanas 42 hari pada suhu 27°C menggunakan metoda akselerasi. Sedangkan (Efendi *et al.* 2021) mengungkapkan masa simpan rendang telur dalam kemasan aluminium foil vakum lebih lama dibandingkan aluminium foil non vakum dan plastik HDPE, yaitu 99,50 hari pada suhu 27°C. Tujuan penelitian ini untuk menduga masa simpan beras rendang dalam kemasan kertas minyak serta *edible film* tapioka memakai cara akselerasi.

METODE

Bahan dan Alat

Beras rendang dibeli dari industri rumah tangga Tek Tam Kota Payakumbuh. Bahan yang bertindak sebagai hidrokoloid yang digunakan pada penelitian ini adalah tapioka dan lembaran agar. Penggunaan tapioka pada penelitian ini dipilih karena mudah diperoleh dan harganya murah. Lembaran agar adalah jenis agar yang berbentuk lembaran yang berwarna putih hingga kuning pucat dan beraroma khas agar (Rahmasari 2008). Lembaran agar memiliki potensi sebagai bahan baku *film*, karena lembaran agar memiliki kemampuan sebagai *gelling agent* yang dapat membentuk gel yang sangat keras meskipun pada konsentrasi rendah.

Bahan untuk pembuatan *edible film* yang digunakan untuk mengemas beras rendang, selain dari kertas minyak adalah tapioka cap Pak Tani Gunung, gliserol, dan lembaran agar cap Apel. Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis adalah akuades, HCl, serta reagen *thiobarbituric acid* (TBA).

Peralatan pada proses pembuatan *edible film* adalah timbangan analitik, *magnetic stirrer*, *hot plate stirrer*, oven, gelas ukur, dan loyang. Alat-alat yang digunakan untuk analisis adalah blender, *spektrofotometer*, *erlenmeyer*, pH meter, gelas ukur, alat destilasi, tabung reaksi, pipet tetes, cawan porselen, desikator, *aluminium foil*, kertas label, alat tulis, nampan, dan *booth* untuk uji *sensory*.

Pendugaan Umur Simpan

Penelitian ini menggunakan dua perlakuan, yaitu: K₀ (beras rendang dengan kemasan kertas minyak), dan K₁ (beras rendang yang dikemas dengan kemasan *edible film* tapioka). Masing-masing perlakuan diulang 3 kali.

Pendugaan masa simpan dilakukan dengan metoda akselerasi mengikuti (Efendi *et al.* 2021) dan (Ayu *et al.* 2022) dimana penyimpanan produk dilakukan pada temperatur 30, 35, dan 40°C. Determinasi batasan kritis produk dilakukan berdasarkan hasil evaluasi sensori, yang lebih lanjut digunakan untuk menghitung determinasi ordo respon serta kalkulasi masa simpan. Pendugaan batasan masa simpan dicoba bersumber pada hasil percobaan sensori ketengikan serta percobaan bilangan TBA. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan regresi linear, kemudian diperoleh persamaan yang digunakan untuk menghitung masa simpan produk.

Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan edible film tapioka

Prosedur pembuatan *edible film* tapioka mengacu pada perlakuan terbaik dari penelitian (Amalina 2013). Tapioka sebanyak 4g dilarutkan dengan akuades 74,5ml dan diaduk hingga homogen, dipanaskan pada temperatur $\pm 50^{\circ}\text{C}$ selama 15 menit sembari dilakukan pengadukan. Kemudian ditambahkan 1 ml gliserol dan dipanaskan pada suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$ selama 15 menit sambil dilakukan pengadukan. Larutan agar dibuat dengan mencampurkan 0,5g lembaran agar dengan air dan didiamkan 2-3 menit, lalu air rendaman dibuang. Lembaran agar yang telah direndam ditambahkan 20ml akuades dan dilakukan pemanasan pada suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$ selama 5 menit sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Larutan agar dan larutan pati dicampurkan dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan pemanasan $\pm 70^{\circ}\text{C}$ selama 15 menit hingga homogen dan mengental. Larutan *film* yang terbentuk didiamkan selama 10 menit agar terbebas dari gelembung udara dan dituang ke dalam Loyang cetakan berukuran 30 cm x 30 cm sebanyak 15 ml. *Film* dikeringkan dalam oven pada suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$ selama 8 jam. Formulasi *edible film* tapioka disajikan di Tabel 1.

Tabel 1 Bahan baku *edible film* tapioka

Bahan	Formulasi
Tapioka (g)	4,0
Lembaran agar (g)	0,5
Gliserol (ml)	1,0
Air (ml)	94,5

Sumber: (Amalina 2013)

Penyiapan sampel serta penyimpanan

Penyiapan sampel serta penyimpanan sampel merujuk pada (Novitasari *et al.* 2019). Beras rendang diletakkan dalam wadah tertutup agar tidak mengalami kerusakan selama transportasi. Beras rendang ditimbang sebanyak 10 gram dengan ukuran cetakan 4 cm x 3 cm, kemudian dikemas menggunakan kertas minyak. Hal yang sama dilakukan namun dikemas menggunakan *edible film* tapioka dengan ukuran cetakan 4 cm x 3 cm. Beras rendang yang dikemas dengan dua jenis kemasan yang berbeda selanjutnya ini disimpan pada temperatur 30, 35, serta 40°C selama 30 hari.

Batas penerimaan beras rendang

Batas penerimaan produk ditentukan mengacu pada (Suseno 2010). Beras rendang disimpan pada temperatur 30, 35, serta 40°C selama 30 hari. Analisa yang dilakukan merupakan uji sensori terhadap ketengikan dan bilangan TBA di hari ke-0, 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 penyimpanan sampel. Skor awal merupakan angka yang didapat pada hari ke- 0. Skor awal angka sensori ketengikan dan bilangan TBA beras rendang dinyatakan sebagai angka kualitas awal produk. Skor kualitas akhir produk (batasan kritis produk) ditetapkan saat skor pertama evaluasi sensori diklaim tengik (angka 2). Saat produk diklaim tengik oleh panelis, bilangan TBA yang didapat dari pengukuran sampel dipakai selaku batasan kritis produk.

Perhitungan masa simpan beras rendang

Masa simpan produk pada suhu penyimpanan ditentukan dengan mengaitkan nilai k (konstanta penurunan mutu) serta nilai suhu yang telah diketahui. Nilai k yang dihubungkan dengan suhu dapat diformulasikan sebagai persamaan Arrhenius dinyatakan pada persamaan (1).

$$K = K_0 e^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (1)$$

atau dinyatakan dalam bentuk logaritma yang ditunjukkan persamaan (2).

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T} \quad (2)$$

atau dalam bentuk persamaan liniernya yang dinyatakan dalam persamaan (3).

$$y = a + bx \quad (3)$$

Masa simpan ordo nol dinyatakan dalam persamaan (4).

$$t = \frac{A_0 - A_t}{k} \quad (4)$$

Sedangkan masa simpan ordo satu dinyatakan dalam persamaan (5).

$$t = \frac{\ln B_t - \ln B_0}{k} \quad (4)$$

Keterangan,

- t = Masa simpan (hari)
- A_0 = Nilai mutu awal
- A_t = Nilai mutu akhir kritis/batas kadaluarsa
- B_0 = Nilai TBA awal
- B_t = Nilai TBA akhir/batas kadaluarsa
- k = Konstanta penurunan mutu
- E_a = Energi aktivasi
- T = Suhu mutlak (K)
- R = Konstanta gas (1.986 kal.mol⁻¹ K)
- y = $\ln k$
- x = $1/T$
- a = $\ln k_0$ (nilai intersep)
- b = $\frac{E_a}{R}$ (nilai slope)

Perhitungan masa simpan beras rendang dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Rata-rata skor dari analisis uji sensori ketengikan atau bilangan TBA berbagai tingkat suhu yang berbeda (30, 35, dan 40°C) dimasukkan ke dalam tabel. Setiap data diubah dalam bentuk ln.
2. Regresi linear terhadap data dilakukan dengan menghubungkan lama penyimpanan (x) dan skor uji sensori ketengikan serta skor bilangan TBA (y) untuk ordo nol. Untuk menganalisis lama penyimpanan pada ordo satu dilakukan regresi antara lama penyimpanan (x) dan \ln skor uji sensori ketengikan atau \ln skor bilangan TBA (y) di beberapa tingkat suhu. Dari perhitungan regresi ini dapat dikalkulasi

- nilai *slope* b (atau k), intersep (a), serta korelasi (R) dan koefisien determinasi (R^2) pada masing-masing suhu.
3. Nilai *slope* (k) pada masing-masing suhu dan ordo dari analisis uji sensori ketengikan serta bilangan TBA dimasukkan dalam tabel.
 4. Nilai $1/T$ (x) serta $\ln k$ (y) ordo nol dan satu diregresikan agar didapatkan nilai *slope*, intersep, serta korelasi pada masing-masing ordo. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang paling besar dijadikan sebagai ordo reaksi perhitungan masa simpan.
 5. Hasil regresi dari ordo yang terpilih akan diperoleh nilai a dan b yang digunakan untuk menentukan kecepatan penurunan mutu (k) menggunakan persamaan 3 pada suhu penyimpanan 27°C (rata-rata suhu ruang di Indonesia).
 6. Nilai k yang diperoleh dari nilai uji sensori ketengikan atau uji *thiobarbituric acid* (TBA) merupakan nilai kecepatan reaksi unit mutu perhari. Nilai k dimasukkan ke persamaan 4 untuk ordo nol atau persamaan 5 untuk ordo satu, sehingga didapat nilai masa simpan (t). Masa simpan yang paling singkat antara uji sensori ketengikan dan uji *thiobarbituric acid* (TBA) merupakan batas masa simpan produk.

Pengamatan

Permeabilitas uap air kemasan

Pengukuran permeabilitas uap air kemasan pada penelitian ini mengacu pada (Sukunta 2005). Cawan porselen berisi 3g *silica gel* ditutup dengan kemasan uji (kertas minyak atau *edible film* tapioka). Selanjutnya cawan porselen tersebut ditimbang dan diletakkan dalam desikator yang berisi air. Pertambahan berat yang diperoleh oleh cawan porselen setiap interval 1 jam selama 9 jam diukur untuk menentukan tingkat perpindahan uap air. Perhitungan kecepatan transmisi uap air kemasan menggunakan persamaan (6) sebagai berikut,

$$WVTR = \frac{G/t}{A} \quad (6)$$

Keterangan,

$$\begin{aligned} WVTR &= \text{Kecepatan transmisi uap air} \\ &\quad (\text{g.m}^{-2}\text{.jam}^{-1}) \\ G/t &= \text{Selisih pertambahan berat per jam} \\ A &= \text{Luas kemasan plastik (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

Evaluasi sensori ketengikan

Tiga puluh orang panelis semi terlatih yang merupakan mahasiswa Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau

digunakan menguji sifat sensori deskriptif aroma tengik beras rendang pada setiap perlakuan selama penyimpanan. Sampel yang telah dibuka dari kemasan diletakkan dalam wadah bersih serta telah diberi kode angka secara acak. Panelis dimohon mendeskripsikan ilustrasi pada angket. Evaluasi sensori ketengikan memakai angka 4 (tidak tengik) sampai angka satu (amat tengik).

Analisis nilai *thiobarbituric acid* (TBA)

Sebanyak 3 gram sampel ditimbang dan ditambahkan 50ml akuades lalu dihancurkan menggunakan blender. Sampel yang sudah dihancurkan dimasukkan ke labu destilasi sembari dicuci dengan akuades sebanyak 48,5ml. HCl 4 N sekitar 1,5ml ditambahkan ke dalam sampel sampai pH sebesar 1,5. Sampel didestilasi memakai pendingin tegak (perlengkapan destilasi) sampai didapat larutan destilat sebesar 50ml selama ± 10 menit pemanasan. Destilat yang didapat diaduk sampai homogen serta dipipet ke dalam botol respon bertutup sebesar 5ml. Reagen TBA ditambahkan sebesar 5ml, setelah itu dicampur sampai homogen. Larutan sampel selanjutnya dipanaskan menggunakan air mendidih sepanjang 35 menit serta didinginkan air mengalir sepanjang 10 menit.

Persiapan larutan blanko dilakukan dengan memakai 5 ml akuades dan 5 ml pereaksi dan mendapat perlakuan yang serupa dengan perlakuan terhadap sampel uji, yaitu beras rendang dibungkus kertas minyak, atau dibungkus *edible film* tapioka. Tabung reaksi didinginkan dengan air penyejuk serta diukur absorbansinya pada panjang gelombang 528nm dengan air sebagai blanko selaku titik nol. Bilangan TBA didefinisikan sebagai kandungan malonaldehid pada sampel, yang dihitung dari besarnya absorbansi sampel dikurangi dengan angka absorbansi blanko. Analisis bilangan TBA dihitung selama sampel dalam penyimpanan, sehingga dapat disetarakan sebagai representasi hasil analisis sensori subyektif oleh panelis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sensori Ketengikan Beras Rendang

Evaluasi sensori berperan penting pada produk pangan karena berkaitan dengan penerimaan panelis terhadap suatu produk secara langsung. Evaluasi sensori dilakukan terhadap tingkat ketengikan pada beras rendang dalam kemasan kertas minyak dibandingkan dengan beras rendang yang dikemas dengan *edible film*

tapioka dengan pengujian setiap 5 hari selama 30 hari. Hasil evaluasi sensori pada beras rendang dapat menunjukkan bahwa beras rendang mengalami ketengikan setelah disimpan akibat terjadinya reaksi oksidasi. Skor rata-rata ketengikan beras rendang selama penyimpanan disajikan Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa evaluasi panelis terhadap aroma tengik beras rendang terus bertambah bersamaan dengan temperatur serta lama penyimpanan yang ditunjukkan dengan angka evaluasi panelis yang semakin kecil. Peningkatan ketengikan beras rendang sepanjang penyimpanan menunjukkan bahwa lemak dalam beras rendang sudah teroksidasi sepanjang penyimpanan yang menyebabkan penyimpangan sensori. Hal ini sejalan dengan yang terjadi pada rendang telur (Efendi *et al.* 2021) dan ikan patin asap (Ayu *et al.* 2022), dimana kenaikan suhu penyimpanan meningkatkan kecepatan reaksi berbagai senyawa kimia dalam makanan sehingga makanan semakin cepat rusak.

Batasan angka beras rendang tidak diterima konsumen diperoleh dari segi ketengikan diasumsikan dengan angka 2 ataupun tengik serta diklaim sebagai titik kritis beras rendang. Beras rendang yang disimpan pada temperatur 40°C mengalami ketengikan lebih cepat dibanding beras rendang pada temperatur 30 dan 35°C. Beras rendang yang dikemas dengan kertas minyak diklaim tengik pada hari ke-10 dengan angka 1,90 (tengik), sebaliknya beras rendang yang dikemas dengan *edible film* tapioka diklaim tengik di hari ke-30 dengan angka 2,40 (tengik) pada temperatur penyimpanan 40°C. Hal ini disebabkan temperatur sebagai salah satu aspek yang mempercepat ketengikan produk.

Beras rendang dalam kemasan kertas minyak mengalami ketengikan yang lebih cepat dibandingkan dengan *edible film* tapioka. Hal ini dikarenakan sifat dari masing-masing kemasan berbeda dalam mempertahankan produk. *Edible film* tapioka dapat menghambat pertukaran gas dan mencegah kehilangan aroma dari produk. Sesuai (Warkoyo *et al.* 2014), *film* dengan komposisi hidrokoloid mampu mengatur migrasi penguapan air serta merupakan *barrier* yang baik terhadap karbondioksida, oksigen, dan lipid sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan pada produk. Bahan yang bertindak sebagai hidrokoloid pada penelitian ini adalah tapioka dan agar lembaran. Kertas minyak bersifat sensitif

terhadap air, dan mudah dipengaruhi oleh kelembapan sehingga beras rendang yang dikemas dengan kertas minyak mudah rusak oleh lingkungan.

Ketengikan menandakan bahwa produk telah mengalami kerusakan. Salah satu faktor yang dapat mempercepat terjadinya ketengikan pada lemak adalah oksigen atau disebut dengan reaksi oksidasi dan uap air atau disebut dengan reaksi hidrolisis. Reaksi oksidasi diawali dari terbentuknya peroksida serta hidroperoksida akibat pengikatan oksigen dengan asam lemak tidak jenuh, terjadinya oksidasi yang semakin cepat, sehingga banyak peroksida yang tercipta dan lemak/minyak semakin cepat menjadi tengik. Sedangkan reaksi hidrolisis dimulai dari pembentukan trigliserida dan pembebasan asam lemak bebas akibat adanya uap air, sedangkan dalam reaksi hidrolisis, lemak dan minyak diubah menjadi asam-asam lemak bebas dan gliserol yang nantinya mengakibatkan perubahan aroma menjadi tengik.

Semakin lama waktu penyimpanan maka semakin banyak lemak yang teroksidasi karena kontak dengan oksigen. Permeabilitas bahan kemasan mempengaruhi *barrier* kemasan terhadap transfer oksigen. Oleh karena itu, semakin rendah permeabilitas uap air kemasan maka semakin sulit bahan mengalami kerusakan. Berdasarkan hasil pengujian, kertas minyak memiliki permeabilitas uap air yang lebih tinggi dibandingkan *edible film* tapioka. Permeabilitas uap air kertas minyak sebesar 0,0611 g/m².jam, sedangkan permeabilitas uap air *edible film* tapioka adalah 0,0235 g/m².jam. Permeabilitas *film* suatu kemasan adalah kemampuan melewati partikel gas dan uap air pada suatu unit luasan bahan pada kondisi tertentu (Fauzi Akbar *et al.* 2013). Menurut (Hasnaini 2012) semakin rendah nilai permeabilitas kemasan maka masa simpan bahan yang dikemas semakin lama karena proses difusi yang terjadi semakin sedikit sehingga dapat mempertahankan mutu produk.

Hasil regresi skor ketengikan dengan hari penyimpanan untuk ordo nol, serta regresi antara $\ln k$ dengan hari penyimpanan untuk ordo satu pada masing-masing suhu digunakan untuk menghitung umur simpan produk. Nilai $\ln k$ dan $1/T$ masing-masing ordo berdasarkan evaluasi sensori ketengikan disajikan Tabel 3.

Tabel 2 Skor rata-rata ketengikan beras rendang

Beras rendang dalam kemasan	Suhu	Skor ketengikan pada penyimpanan hari ke-						
		0	5	10	15	20	25	30
Kertas minyak	30°C	4,00	3,80	3,50	2,40	2,20	1,70	1,30
	35°C	4,00	3,70	3,50	2,20	1,93	1,43	1,20
	40°C	4,00	3,60	1,90	1,60	1,30	1,20	1,10
Edible film tapioka	30°C	4,00	3,70	3,50	3,30	3,23	3,10	3,00
	35°C	4,00	3,63	3,40	3,20	3,10	2,90	2,70
	40°C	4,00	3,50	3,00	2,80	2,60	2,50	2,40

keterangan: 1 (Sangat tengik), 2 (Tengik), 3 (Sedikit tengik), 4 (Tidak tengik)

Tabel 3 Parameter persamaan Arrhenius pada masing-masing ordo berdasarkan evaluasi sensori ketengikan

Beras rendang dalam kemasan	Persamaan masa simpan ordo 0				
	T (°C)	T (°K)	1/T (1/K)	k	ln k
Kertas minyak	30	303	0,0033	0,0964	-2,3392
	35	308	0,0032	0,1036	-2,2672
	40	313	0,0031	0,1007	-2,2956
Edible film tapioka	Persamaan masa simpan ordo 1				
	T (°C)	T (°K)	1/T (1/K)	k	ln k
Edible film tapioka	30	303	0,0033	0,0385	-3,2571
	35	308	0,0032	0,0436	-3,1327
	40	313	0,0031	0,0461	-3,0769
Edible film tapioka	Persamaan masa simpan ordo 0				
	T (°C)	T (°K)	1/T (1/K)	k	ln k
Edible film tapioka	30	303	0,0033	0,0319	-3,4451
	35	308	0,0032	0,0404	-3,2089
	40	313	0,0031	0,0514	-2,9681
Edible film tapioka	Persamaan masa simpan ordo 1				
	T (°C)	T (°K)	1/T (1/K)	k	ln k
Edible film tapioka	30	303	0,0033	0,0092	-4,6885
	35	308	0,0032	0,0123	-4,3981
	40	313	0,0031	0,0168	-4,0863

Hasil regresi berdasarkan evaluasi sensori ketengikan $\ln k$ dan $1/T$ pada masing-masing ordo berdasarkan evaluasi sensori ketengikan dapat dilihat pada Tabel 4.

Hubungan $\ln k$ serta $1/T$ dinyatakan dalam persamaan regresi dan koefisien determinasi (R^2) untuk masing-masing ordo sebagaimana disajikan pada Tabel 4 di atas. Nilai koefisien determinasi merupakan dasar untuk menentukan ordo persamaan regresi yang akan digunakan untuk mengkalkulasi masa simpan sampel. Ordo persamaan yang dipilih untuk penentuan masa simpan adalah persamaan yang memiliki koefisien determinasi terbesar (mendekati satu). Koefisien determinasi (R^2) menunjukkan sejauh mana kontribusi variabel bebas dalam model regresi mampu menjelaskan variasi dari variabel

terikatnya (Kasuya 2019). Dengan demikian, koefisien determinasi (R^2) yang mendekati satu menandakan bahwa kontribusi $1/T$ akan semakin mampu menjelaskan variasi dari variabel terikat $\ln k$ dalam persamaan regresi yang terbentuk, sehingga hasil yang diperoleh dalam menghitung masa simpan diharapkan lebih mendekati hasil yang sebenarnya (Budijanto *et al.* 2010, Wasono and Yuwono 2014, Cahyo *et al.* 2016, Calligaris *et al.* 2022).

Berdasarkan Tabel 4, sampel yang dibungkus kertas minyak memperlihatkan persamaan ordo satu memiliki koefisien determinasi ($R^2 = 0,9561$) yang lebih tinggi daripada ordo nol ($R^2 = 0,3669$). Dengan demikian, persamaan ordo satu lebih sesuai digunakan untuk perhitungan masa simpan sampel

yang dibungkus kertas minyak. Sedangkan untuk beras rendang yang dibungkus *edible film* tapioka terlihat bahwa persamaan ordo nol ($R^2 = 0,9999$) memiliki koefisien determinasi yang lebih tinggi daripada orde satu ($R^2 = 0,9986$). Dengan demikian persamaan ordo nol lebih sesuai digunakan untuk perhitungan masa simpan sampel beras rendang yang dibungkus *edible film* tapioca.

Berdasarkan persamaan regresi terpilih dari Tabel 4 tersebut, nilai energi aktivasi (E_a), konstanta kecepatan penurunan mutu (k), dan masa simpan beras rendang pada suhu 27°C (rata-rata suhu ruang di Indonesia) dapat dihitung. Energi aktivasi (E_a), konstanta kecepatan penurunan mutu (k), serta masa simpan beras rendang berdasarkan evaluasi sensori ketengikan disajikan Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5 dapat dihitung bahwa beras rendang dalam kemasan kertas minyak mempunyai masa simpan hingga 20,12 hari, sedangkan beras rendang yang dikemas dengan *edible film* tapioka memiliki masa simpan hingga

59,26 hari pada penyimpanan suhu 27°C . Hasil penelitian menunjukkan bahwa beras rendang dalam kemasan *edible film* tapioka memiliki masa simpan lebih lama daripada beras rendang dalam kemasan kertas minyak. Hal ini dikarenakan perbedaan sifat fisik dari masing-masing kemasan dapat mempengaruhi masa simpan produk.

Berdasarkan Tabel 5, diketahui bahwa beras rendang dalam kemasan kertas minyak memiliki energi aktivasi sebesar $3.411,55 \text{ kal.mol}^{-1}$, dengan kecepatan penurunan mutu $0,037$ unit mutu per hari, sedangkan beras rendang dalam kemasan *edible film* tapioka memiliki energi aktivasi $9.022,19 \text{ kal.mol}^{-1}$, dengan kecepatan penurunan mutu $0,027$ unit mutu per hari. Energi aktivasi merupakan energi terendah yang harus dipenuhi supaya reaksi dapat berlangsung (Floros and Gnanasekharan 1993, Budijanto *et al.* 2010, Hasnaini 2012, Fauzi Akbar *et al.* 2013, Wasono and Yuwono 2014, Novitasari *et al.* 2019, Mohamed *et al.* 2020)

Tabel 4 Hasil regresi hubungan $\ln k$ (sebagai y) dan $1/T$ (sebagai x) pada masing-masing ordo berdasarkan evaluasi sensori ketengikan dari sampel yang dibungkus kertas minyak dan *edible film* tapioka

Kode	Bahan kemasan	Ordo	Persamaan Regresi	R^2	Persamaan terpilih
KM0	Kertas minyak	nol	$y = -0,7282 - 801,33x$	0,9855	$y = -0,7282 - 801,33x$
KM1	Kertas minyak	satu	$y = -4,0192 + 255,26x$	0,3678	
EF0	Edible film tapioka	nol	$y = 2,3267 - 1991,7x$	0,9794	$y = 2,3267 - 1991,7x$
EF1	Edible film tapioka	satu	$y = 0,0117 - 1152,7x$	0,9197	

Tabel 5 Hasil perhitungan energi aktivasi, konstanta kecepatan penurunan mutu, serta masa simpan beras rendang berdasarkan evaluasi sensori ketengikan pada ordo reaksi terpilih

Beras rendang dalam kemasan	Persamaan regresi	E_a (kal.mol^{-1})	K (unit mutu per hari)	Masa simpan (hari)
Kertas minyak	$y = 2,4226 - 1717,8x$ (ordo 1)	3.411,55	0,037	20,12
<i>Edible film</i> tapioka	$y = 11,545 - 4542,9x$ (ordo 0)	9.022,19	0,027	59,26

Keterangan: $y = \ln k$; $x = 1/T$

Tabel 6 Rata-rata bilangan TBA beras rendang selama penyimpanan

Beras rendang dalam kemasan	Suhu	Nilai TBA ($\text{mg malonaldehid.kg}^{-1}$) hari ke-						
		0	5	10	15	20	25	30
Kertas minyak	30°C	0,427	0,493	0,801	1,163	1,182	1,216	1,416
	35°C	0,427	0,514	0,892	1,287	1,192	1,295	1,489
	40°C	0,427	0,695	0,976	1,351	1,380	1,401	1,562
<i>Edible film</i> tapioka	30°C	0,427	0,586	0,628	0,706	0,731	0,816	0,902
	35°C	0,427	0,603	0,694	0,735	0,824	0,897	0,947
	40°C	0,427	0,673	0,742	0,728	0,937	0,921	1,014

Hubungan energi aktivasi dengan kecepatan penurunan mutu pada penelitian ini berbanding terbalik terhadap masa simpan produk. Jika energi aktivasi semakin rendah maka kecepatan penurunan mutu produk semakin tinggi dan masa simpan semakin pendek, karena hanya perlu sedikit energi untuk memulai reaksi-reaksi pendegradasian bahan tersebut. Sebaliknya, energi aktivasi yang semakin tinggi menyebabkan kecepatan penurunan mutu produk menjadi lebih rendah sehingga masa simpan menjadi lebih lama. Perihal ini sejalan dengan penelitian yang melaporkan energi aktivasi merupakan energi yang diperlukan untuk mengawali terbentuknya reaksi kimia (Floros and Gnanasekharan 1993, Budijanto *et al.* 2010, Hasnaini 2012, Fauzi Akbar *et al.* 2013, Wasono and Yuwono 2014, Novitasari *et al.* 2019, Mohamed *et al.* 2020). Sebagaimana diutarakan oleh (Novitasari *et al.* 2019), bahwa wajak dalam kemasan kertas minyak mempunyai energi aktivasi sebesar $4.419,188 \text{ kal.mol}^{-1}$, dan masa simpan 29,787 hari. Sedangkan wajak dalam kemasan *edible film* tapioka memiliki energi aktivasi $6.840,698 \text{ kal.mol}^{-1}$, dan masa simpan 45,455 hari.

Bilangan Thiobarbituric Acid (TBA) Beras Rendang

Kerusakan produk yang berminyak dapat dilihat dari timbulnya aroma tengik. Tingkat ketengikan minyak dapat dinyatakan dengan bilangan TBA. Bilangan TBA menunjukkan banyaknya malonaldehid yang terkandung pada sampel (Guillén-Sans and Guzmán-Chozas 1998, Jung *et al.* 2016). Kelebihan dari uji ini adalah pereaksi TBA dapat digunakan langsung untuk menguji lemak dalam bahan tanpa mengekstraksi fraksi lemaknya (Jung *et al.* 2016). Rata-rata bilangan TBA beras rendang yang masing-masing dibungkus kertas minyak atau *edible film* tapioca selama penyimpanan disajikan pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6 terlihat selama penyimpanan bilangan TBA beras rendang meningkat dengan suhu yang semakin tinggi dan lamanya penyimpanan. Temperatur merupakan aspek yang mempengaruhi perubahan kualitas produk. Temperatur yang semakin tinggi menyebabkan kecepatan reaksi bermacam senyawa kimia semakin cepat yang nantinya mempercepat kerusakan mutu produk. Kecepatan reaksi meningkat tajam dengan naiknya suhu, dimana setiap peningkatan suhu 10°C dapat meningkatkan kecepatan reaksi hingga dua kali

lipat (Guillén-Sans and Guzmán-Chozas 1998, Jung *et al.* 2016).

Peningkatan nilai TBA dikarenakan peningkatan kandungan malonaldehid sepanjang penyimpanan yang diakibatkan oleh terdekomposisinya hidroperoksida dampak reaksi oksidasi (Koh and Surh 2015). Melonjaknya malonaldehid sepanjang penyimpanan bisa diakibatkan oleh degradasi hidroperoksida yang tidak stabil selama penyimpanan, ditunjukkan dengan bilangan TBA sampel yang semakin meningkat.

Dua molekul TBA dengan satu molekul malonaldehid berkondensasi membentuk pigmen bercorak merah (Jung *et al.* 2016). Selain suhu penyimpanan, lama penyimpanan beras rendang juga mempengaruhi nilai TBA beras rendang. Semakin lama penyimpanan maka nilai TBA beras rendang semakin meningkat. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian (Suseno 2010) yang menyatakan bahwa kemunduran mutu mi hotong ditandai dengan bilangan TBA yang semakin bertambah selama penyimpanan. (Novitasari *et al.* 2019) juga menyatakan bahwa semakin lama waktu penyimpanan maka nilai TBA pada wajak dalam kemasan kertas minyak serta *edible film* tapioka selama 30 hari penyimpanan semakin meningkat.

Berdasarkan batas skor sensori ketengikan beras rendang, diperoleh titik kritis beras rendang untuk bilangan TBA. Beras rendang dalam kemasan kertas minyak dinyatakan tengik di hari ke-10 (suhu 40°C) dengan bilangan TBA $0,976 \text{ mg malonaldehid.kg}^{-1}$. Beras rendang dalam kemasan *edible film* tapioka dinyatakan tengik di hari ke-30 (suhu 40°C) dengan bilangan TBA $1,014 \text{ mg malonaldehid.kg}^{-1}$. Nilai ini dinyatakan sebagai titik kritis beras rendang berdasarkan uji bilangan TBA. Beras rendang yang disimpan pada suhu 40°C memiliki kecepatan oksidasi lemak lebih cepat daripada suhu 30 dan 35°C . Nilai $\ln k$ dan $1/T$ masing-masing ordo berdasarkan uji bilangan TBA disajikan pada Tabel 7.

Selanjutnya, regresi yang memperlihatkan hubungan antara $\ln k$ dan $1/T$ pada masing-masing ordo dan kemasan berdasarkan uji nilai TBA disajikan Tabel 8.

Berdasarkan Tabel 8 dapat dikatakan bahwa persamaan regresi ordo nol dari beras rendang yang dikemas dengan kertas minyak terpilih untuk perhitungan masa simpan karena memiliki nilai

korelasi pada ordo nol lebih tinggi daripada ordo satu yaitu $R^2 = 0,9855$. Beras rendang yang dikemas dengan *edible film* tapioka juga menggunakan ordo nol untuk perhitungan masa simpan, dimana nilai korelasi pada ordo nol lebih

tinggi daripada ordo satu yaitu $R^2 = 0,9794$. Nilai energi aktivasi, konstanta kecepatan penurunan mutu, dan masa simpan beras rendang berdasarkan uji bilangan TBA disajikan Tabel 9.

Tabel 7 Parameter persamaan Arrhenius pada masing-masing ordo berdasarkan uji TBA

Beras rendang dalam kemasan	Persamaan masa simpan ordo 0				
	T (°C)	T (°K)	1/T (1/K)	k	ln k
	30	303	0,0033	0,0342	-3,3755
	35	308	0,0032	0,0360	-3,3242
	40	313	0,0031	0,0372	-3,2914
Kertas minyak	Persamaan masa simpan ordo 1				
	T (°C)	T (°K)	1/T (1/K)	k	ln k
	30	303	0,0033	0,0413	-3,1868
	35	308	0,0032	0,0420	-3,1701
	40	313	0,0031	0,0402	-3,2138
Edible film tapioka	Persamaan masa simpan ordo 0				
	T (°C)	T (°K)	1/T (1/K)	k	ln k
	30	303	0,0033	0,0142	-4,2545
	35	308	0,0032	0,0162	-4,1227
	40	313	0,0031	0,0175	-4,0455
	Persamaan masa simpan ordo 1				
	T (°C)	T (°K)	1/T (1/K)	k	ln k
	30	303	0,0033	0,0218	-3,8258
	35	308	0,0032	0,0239	-3,7338
	40	313	0,0031	0,0246	-3,7050

Tabel 8 Hasil regresi hubungan ln k (sebagai y) dan 1/T (sebagai x) pada masing-masing ordo berdasarkan uji nilai TBA untuk kemasan kertas minyak dan *edible film* tapioka

Simbol	Bahan kemasan	Ordo	Persamaan Regresi	R ²	Persamaan terpilih
KM0	Kertas minyak	nol	$y = -0,7282 - 801,33x$	0,9855	$y = -0,7282 - 801,33x$
KM1	Kertas minyak	satu	$y = -4,0192 + 255,26x$	0,3678	
EF0	Edible film tapioka	nol	$y = 2,3267 - 1991,7x$	0,9794	$y = 2,3267 - 1991,7x$
EF1	Edible film tapioka	satu	$y = 0,0117 - 1152,7x$	0,9197	

Keterangan : $y = \ln k$; $x = 1/T$

Tabel 9 Nilai energi aktivasi, konstantan kecepatan penurunan mutu, dan masa simpan beras rendang berdasarkan uji TBA pada ordo reaksi terpilih

Beras rendang dalam kemasan	Persamaan regresi	Ea (kal.mol ⁻¹)	k (unit mutu per hari)	Masa simpan (hari)
Kertas minyak	$y = -0,7282 - 801,33x$ (ordo 0)	1.591,44	0,033	16,63
Edible film tapioka	$y = 2,3267 - 1991,7x$ (ordo 0)	3.955,51	0,013	45,15

Keterangan : $y = \ln k$; $x = 1/T$

Tabel 9 menunjukkan bahwa beras rendang dalam kemasan kertas minyak memiliki energi aktivasi sebesar $1.591,44 \text{ kal.mol}^{-1}$, dan kecepatan penurunan mutu (k) $0,033$ unit mutu per hari, sehingga memiliki masa simpan selama 16,63 hari. Beras rendang dalam kemasan *edible film* tapioka memiliki energi aktivasi sebesar $3.955,51 \text{ kal.mol}^{-1}$, dan konstanta penurunan mutu (k) sebesar $0,013$ unit mutu per hari, sehingga memiliki masa simpan selama 45,15 hari.

Beras rendang dalam kemasan *edible film* tapioka mempunyai masa simpan lebih lama dibandingkan dengan beras rendang dalam kemasan kertas minyak. Hal ini dipengaruhi oleh tapioka dan agar lembaran yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan *edible film*. Tapioka mengandung amilopektin dan amilosa, dimana amilopektin mempengaruhi kestabilan *film*, sedangkan amilosa mempengaruhi kekompakan *film*. Menurut (Santoso *et al.* 2011), kadar amilosa yang tinggi pada pati menghasilkan *edible film* yang kuat dan lentur, karena amilosa yang berantai lurus akan membentuk jaringan yang rapat. Agar lembaran memiliki jaringan tiga dimensi padat yang menyebabkan *film* memiliki permeabilitas uap air yang rendah. Penambahan agar lembaran membuat *film* lebih padat, sehingga molekul air dan oksigen sulit terdifusi ke dalam bahan yang dikemas. Hal ini yang membuat *edible film* dapat menjadi penghalang gas yang baik sehingga dapat mencegah terjadinya oksidasi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa beras rendang yang dikemas dengan *edible film* tapioka mempunyai masa simpan yang lebih lama daripada beras rendang dalam kemasan kertas minyak. Hal ini sejalan dengan penelitian (Novitasari *et al.* 2019), yang menyatakan bahwa wajik yang dikemas dengan *edible film* tapioka pada suhu penyimpanan 29°C memiliki masa simpan 32,23 hari, sedangkan wajik yang dikemas dengan kertas minyak memiliki masa simpan 27,29 hari berdasarkan uji TBA. Selain itu, (Ayu 2016) juga menyatakan bahwa dodol nanas yang dikemas dengan *edible film* tapioka pada suhu penyimpanan 27°C memiliki masa simpan 42 hari.

Berdasarkan penelitian pendugaan masa simpan beras rendang ditunjukkan bahwa beras rendang dalam kemasan kertas minyak memiliki masa simpan 20,12 hari berdasarkan evaluasi sensori ketengikan, dan 16,63 hari berdasarkan uji TBA pada suhu penyimpanan 27°C . Beras rendang dalam kemasan *edible film* tapioka memiliki masa simpan 59,26 hari berdasarkan

evaluasi sensori ketengikan, dan 45,15 hari berdasarkan uji TBA.

Berdasarkan hasil penelitian ini terungkap bahwa kertas minyak memiliki permeabilitas uap air yang lebih tinggi dibandingkan *edible film* tapioka. Permeabilitas uap air kertas minyak sebesar $0,0611 \text{ g/m}^2.\text{jam}$, sedangkan permeabilitas uap air *edible film* tapioka adalah $0,0235 \text{ g/m}^2.\text{jam}$. Dengan nilai permeabilitas uap air yang lebih rendah, *edible film* tapioka yang memiliki komposisi hidrokoloid dari tapioka serta agar, merupakan *barrier* yang baik, dapat mengendalikan transfer uap air dan CO_2 , pengambilan oksigen, dan transfer lipid, sehingga lebih efektif dalam mencegah terjadinya kerusakan produk serta mampu mempertahankan umur simpan bahan pangan lebih lama

KESIMPULAN

Beras rendang dalam kemasan *edible film* tapioka memiliki masa simpan yang lebih lama dibandingkan kertas minyak. Berdasarkan evaluasi sensori ketengikan, masa simpan beras rendang dalam kemasan kertas minyak pada suhu kamar adalah 20 hari, dan masa simpan berdasarkan uji nilai TBA adalah 16 hari. Sementara itu masa simpan beras rendang dalam kemasan *edible film* tapioka pada suhu kamar berdasarkan evaluasi sensori ketengikan adalah 59 hari, dan masa simpan berdasarkan uji nilai TBA adalah 45 hari; lebih lama daripada dikemas dengan kertas minyak. Oleh sebab itu berdasarkan temuan dari penelitian ini, supaya produk dapat disimpan lebih lama, perlu dipertimbangkan untuk mengganti kemasan beras rendang yang semula menggunakan kertas minyak dengan *edible film* tapioka. Penggunaan *edible film* tapioka sebagai bungkus beras rendang tidak saja berpotensi mampu mempertahankan umur simpan yang lebih lama, namun juga dapat membuat lebih nyaman untuk langsung dikonsumsi, tanpa harus repot melepas kemasannya dari produk yang terkadang lengket dan sulit untuk dikelupas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada industri rumah tangga beras rendang Tek Tam di Kota Payakumbuh yang telah menyediakan produk beras rendang sebagai bahan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalina, Y. N. 2013. Edible film pati tapioka terplastisasi gliserol dengan penambahan agar. Institut Pertanian Bogor.
- Ayu, D. F., R. Effendi, Y. Nopiani, and S. Haryani. 2022. Pendugaan umur simpan ikan patin salai menggunakan metode akselerasi dengan kemasan HDPE dan teknik pengemasan aluminium foil. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia* 14(01):72–80.
- Ayu, S. P. 2016. Pendugaan umur simpan dodol nanas (*Ananas comosus* L.) dengan pengemas edible film tapioka. Universitas Pasundan.
- Budijanto, S., A. Boing Sitanggang, B. Elizabeth Silalahi, and W. Murdiati. 2010. Penentuan Umur Simpan Seasoning Menggunakan Metoda Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) Dengan Pendekatan Kadar Air Kritis. *Jurnal Teknologi Pertanian* 11(2):7177.
- Cahyo, N., M. Firdaus, S. Hastuti, and I. Maflahah. 2016. Penentuan umur simpan terasi instan dalam kemasan. *Agrointek* 10(1):55–61.
- Calligaris, S., P. Lucci, A. Milani, P. Rovellini, C. Lagazio, L. Conte, and M. Nicoli. 2022. Application of accelerated shelf-life test (ASLT) procedure for the estimation of the shelf-life of extra virgin olive oils: A validation study. *Food Packaging and Shelf Life* 34:100990.
- Efendi, R., D. F. Ayu, and N. Nofaren. 2021. Pendugaan umur simpan rendang telur yang dikemas plastik high density polyetilen (HDPE) dan aluminium foil dengan teknik pengemasan yang berbeda menggunakan metode akselerasi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia* 13(01):1–8.
- Fauzi Akbar, Zulisma Anita, and Hamidah Harahap. 2013. Pengaruh waktu simpan film plastik biodegradasi dari pati kulit singkong terhadap sifat mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia USU* 2(2):11–15.
- Floros, J., and V. Gnanasekharan. 1993. *Shelf Life Prediction of Packaged Foods: Chemical, Biological, Physical, and Nutritional Aspects*. Page (G. Chlaralambous, editor). Elviesier Publ., London.
- Guillén-Sans, R., and M. Guzmán-Chozas. 1998. The Thiobarbituric Acid (TBA) Reaction in Foods: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 38(4):315–350.
- Hasnaini. 2012. Pendugaan umur simpan kerupuk ramea rumput laut (*Euchema cottoni* L.) menggunakan metode Accelerated Shelf Life Testing. Universitas Hasanuddin.
- Jung, S., K. C. Nam, and C. Jo. 2016. Detection of malondialdehyde in processed meat products without interference from the ingredients. *Food Chemistry* 209:90–94.
- Kasuya, E. 2019. On the use of r and r squared in correlation and regression. *Ecological Research* 34(1):235–236.
- Koh, E., and J. Surh. 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.
- Mohamed, S. A. A., M. El-Sakhawy, and M. A. M. El-Sakhawy. 2020. Polysaccharides, Protein and Lipid -Based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review. *Carbohydrate Polymers* 238:116178.
- Murtius, W. S., R. M. Fiana, and A. Ming. 2020. Pembuatan manisan instan beras rendang. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas* 24(1):91–97.
- Novitasari, E., F. Restuhadi, and R. Efendi. 2019. Pendugaan umur simpan wajik yang dikemas dengan kertas minyak dan edible film tapioka menggunakan metode akselerasi. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian* 6:1–15.
- Nurminah, M. 2002. Penelitian sifat berbagai bahan kemasan plastik dan kertas serta pengaruhnya terhadap bahan yang dikemas. *USU digital library* 1:1–15.
- Pratama, M. 2016. Identifikasi sifat fisika-mekanik kertas untuk distribusi produk agroindustri. *Jurnal Agroindustri Halal* 2(2):64–72.
- Rahmasari, V. 2008. Pemanfaatan air abu sabut kelapa dalam pembuatan agar – agar kertas dari rumput laut. Institut Pertanian Bogor.
- Santoso, B., F. Pratama, B. Hamzah, and R. Pambayun. 2011. Pengembangan edible film dengan menggunakan pati ganyong termodifikasi ikatan silang. *Jurnal*

- Teknologi dan Industri Pangan* XXII(2):105–109.
- Sara, N. E. M. 2015. Karakteristik edible film berbahan dasar whey dangke dan agar dengan penambahan konsentrasi sorbitol. Universitas Hasanuddin.
- Sukkunta, S. 2005. Physical and mechanical properties of chitosan-gelatin based film. Mahidol University.
- Suseno, S. 2010. Proses pembuatan mi hotong instan dengan substitusi terigu dan pendugaan umur simpannya dengan metode akselerasi. Institut Pertanian Bogor.
- Warkoyo, B. Rahardjo, D. W. Marseno, and J. N. W. Karyadi. 2014. Sifat fisik, mekanik dan barrier edible film berbasis pati umbi kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) yang diinkorporasi dengan kalium sorbat. *Agritech* 34(1):72–81.
- Wasono, M. S. E., and S. S. Yuwono. 2014. Pendugaan umur simpan tepung pisang goreng menggunakan metode accelerated shelf life testing dengan pendekatan Arrhenius. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 2(4):178–187.