Pendugaan Umur Simpan Kerupuk Tulang Ikan Tenggiri (*Scomberomorus commerson*) dengan Proses Penirisan dan Tanpa Penirisan dengan Metode Akselerasi Kadar Air Kritis

*Estimating the Shelf Life of Mackerel (*Scomberomorus commerson*) Fish Bone Crackers with and without Oil Draining Process using Critical Moisture Content Acceleration Method*

Fitri Hasanah^{a*}, Nobel Christian Siregara^{a*}, Yuliasri Ramadhani Meutia^a,
Souvia Rahimah^b dan Georgina Jeanette^b

^a Balai Besar Industri Agro, Kementerian Perindustrian
Jl. Ir. H. Juanda No. 11, Bogor, Jawa Barat Indonesia

^b Departemen Teknologi Industri Pangan, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran
Jatinangor, Jawa Barat, Indonesia

Riwayat Naskah:

Diterima 10 2021
Direvisi 11 2021
Disetujui 12 2021

ABSTRAK: Kerupuk rentan mengalami penurunan mutu, salah satunya dari parameter kerenyahan. Perbedaan proses produksi dapat memengaruhi umur simpan produk. Salah satu produk yang dapat memberikan perbedaan adalah proses penirisan minyak dengan alat *spinner*. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan umur simpan kerupuk tulang ikan tenggiri yang melalui proses penirisan dan tanpa penirisan minyak. Penelitian dilakukan dengan metode akselerasi dipercepat dengan kadar air sebagai parameter kritis. Penentuan kadar air dilakukan dengan metode oven (gravimetri). Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses penirisan minyak mempengaruhi umur simpan produk, yaitu 5 bulan untuk produk yang melalui proses penirisan dengan kadar air kritis 0,0840 g H₂O/g padatan kering, dan 4,1 bulan untuk produk tanpa melalui proses penirisan dengan kadar air kritis 0,0769 g H₂O/g padatan kering.

Kata kunci: ASLT, kadar air kritis, kerupuk, tulang ikan tenggiri, umur simpan

ABSTRACT: Crackers were susceptible to quality degradation, one of which was from the crispness parameter. The difference in production process could affect the product's shelf-life. One of the process that could make the difference was the process of draining oil on crackers with spinner machine. The objective of this research was to compare the shelf-life of mackerel (*Scomberomorus commerson*) fish bone crackers with and without oil-draining process. This research was conducted by Accelerated Shelf-life Testing (ASLT) method with moisture content as critical parameter. The determination of moisture content was conducted by oven method (gravimetric). The result showed that oil-draining process affect the product's shelf-life; 5.0 month for the one that went through the process with critical moisture content of 0.0840 g H₂O/g dried solid and 4.1 month for the one that didn't go through the process with critical moisture content of 0.0769 g H₂O/g dried solid.

Keywords: ASLT, crackers, critical moisture content, mackerel fish bone, shelf-life

* Kontributor utama
Email : fitrihasanah@yahoo.com; nobel_7@yahoo.com

1. Pendahuluan

Perkembangan permintaan pasar terhadap produk camilan tidak hanya menitikberatkan pada produk pangan yang lezat, namun juga pada produk pangan yang sehat, dan aman. Salah satu hal yang penting untuk diteliti dan menjadi petunjuk apakah suatu produk masih aman dikonsumsi adalah umur simpan. Penentuan umur simpan dilakukan agar konsumen mendapatkan produk pangan yang memiliki mutu terbaik (Labuza & Hyman 1998). Akhir dari umur simpan atau tanggal kadaluarsa (*expired date*) adalah saat ketika produk tidak lagi dapat diterima secara sensori (Labuza 1982). Undang-Undang No. 18 Tahun 2012 tentang Pangan, *Codex Alimentarius* mengenai *Food Labeling* Tahun 2007, serta Undang-Undang No. 69 Tahun 1999 tentang Label dan Iklan Pangan mewajibkan pencantuman umur simpan ke dalam label pangan.

Penentuan umur simpan secara aktual bagi produk dengan kadar air rendah memakan biaya besar dan waktu panjang, sehingga digunakan metode simulasi untuk mempercepat kerusakan produk pangan tersebut (Lee & Resurreccion 2006), misalnya metode pengujian umur simpan yang diakselerasi (dipercepat) dengan kadar air sebagai parameter kritis. Prinsip kerja metode tersebut adalah dengan melihat hubungan antara uap air yang terserap oleh produk, kondisi penyimpanan, dan bahan pengemas produk (Azanha & Faria 2005).

Prinsip pengerjaan metode *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT) adalah menyimpan produk pada lingkungan tertentu sehingga produk lebih cepat mengalami kerusakan, baik dengan mengatur suhu dan atau kelembaban ruang. Keunggulan metode ini yaitu memakan waktu lebih singkat dan memiliki tingkat keakuratan yang baik (Kusnandar, Adawiyah, Fitria, 2010). Metode ini terdiri atas metode Arrhenius dan kadar air kritis (Labuza, 1982). Prinsip metode Arrhenius adalah memodelkan kerusakan produk berdasarkan suhu penyimpanan sehingga memicu reaksi kimia, sementara metode kadar air kritis memodelkan kerusakan produk berdasarkan kadar air penyimpanan (Labuza, 1982).

Kerupuk merupakan produk makanan kering yang populer di Indonesia, salah satunya adalah kerupuk tulang ikan tenggiri. Dalam Kategori Pangan BPOM Nomor 34 Tahun 2019 disebutkan bahwa kerupuk hasil perikanan memiliki karakter spesifik yaitu kadar air tidak melebihi 3 %. Kerupuk hasil perikanan masuk dalam kategori makanan ringan yang proses pembuatannya mencampurkan pati dan/atau tepung bersama hasil perikanan serta dengan atau tanpa bahan pangan lain yang diproses dengan beberapa tahapan yaitu pengukusan, pemotongan/ pencetakan, pengeringan, penggorengan ataupun proses lainnya. Kerupuk

dibuat melalui beberapa proses, seperti pencampuran bahan, pemasakan, pendinginan, pengirisan, pengeringan, dan penggorengan (Pangawikan, Santoso, Suparmo, Hastuti, 2017). Tulang ikan tenggiri dimanfaatkan sebagai camilan karena tingginya kandungan mineral kalsium yang baik bagi pertumbuhan sekaligus menjaga kualitas tulang (Putri & Nugroho 2019).

Nilai kadar air dan aktivitas air (a_w) rendah menyebabkan kerupuk bertekstur renyah. Kenaikan kadar air pada produk kemudian menjadi salah satu penyebab kerusakan produk karena ketersediaannya dapat memicu pertumbuhan mikroba (Prior 1979). Kenaikan kadar air produk dapat terjadi akibat penyerapan uap air selama produk berada di dalam maupun di luar kemasan, sehingga teksturnya berubah (Labuza 1982). Faktor lain yang memengaruhi penyerapan uap air oleh produk adalah kandungan bahan, misalnya lemak dan komponen lain pada produk (Roca, Guillard, Guilbert, Gontard, 2016).

Beberapa hasil penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa hasil pendugaan umur simpan pada kerupuk ikan bervariasi yaitu pada kisaran 4 hingga 10 bulan (Ikasari, Suryaningrum, Arti, Supriyadi, 2017; Sunyoto, M. 2017). Namun belum ada data ilmiah tentang pendugaan umur simpan pada kerupuk tulang ikan, hasil penelitian sebelumnya terkait kerupuk tulang ikan hanya menyajikan data ilmiah karakteristik fisik, kimia dan sifat organoleptiknya saja (Fajaria, Rohmayanti, Kusumaningrum, 2019; Indriani, M. 2020).

Perhitungan dan pendugaan umur simpan dihitung berdasarkan persamaan (1) (Bell & Labuza 2000).

$$t = \frac{\ln \left(\frac{Me - Mo}{Mc - Mo} \right)}{\left(\frac{k}{x} \right) \left(\frac{A}{W_s} \right) \left(\frac{P_o}{b} \right)} \quad (1)$$

Keterangan:

- t = waktu hingga tercapai kadar air kritis (hari)
- Mo = kadar air awal produk (g H₂O/g solid kering)
- Mc = kadar air kritis produk (g H₂O/g solid kering)
- Me = kadar air kesetimbangan produk pada kondisi suhu dan RH tertentu (g H₂O/g solid kering)
- W_s = bobot padatan per kemasan (g)
- A = luas permukaan kemasan (m²)
- k/x = konstanta permeabilitas uap air kemasan (g/m².hari.mmHg)
- P_o = tekanan uap air penyimpanan (mmHg)
- b = kemiringan kurva sorpsi isotermis air (ISA)

Kurva ISA digunakan untuk menghitung dan menetapkan Me produk pada RH tertentu, serta untuk menetapkan nilai kemiringan kurva (b). Kurva ISA juga memberikan informasi mengenai hubungan antara Me dan a_w pada suhu serta RH tertentu (Vijayalakshmi, Indiramma, Viswanath, Dattatreya, Kumar, 2005).

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi umur simpan kerupuk tulang ikan tenggiri yang melalui proses penirisan minyak (A) dan tanpa penirisan (B) yang dikemas dalam jenis kemasan *pouch* dengan bahan dasar *aluminium foil*. Metode pendugaan umur simpan untuk kedua jenis komoditas kerupuk tulang ikan tenggiri adalah metode ASLT kadar air kritis.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Sampel dalam penelitian ini adalah dua jenis produk kerupuk tulang ikan tenggiri varian (A) dan varian (B) dengan bahan baku tulang ikan tenggiri komersil. Kedua bahan baku sampel diambil dari produsen yang sama. Bahan lain yang digunakan adalah akuades, larutan garam jenuh merek Merck (K_2CO_3 , KCl, K_2SO_4 , $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, NaBr, NaCl, NaOH), silika gel, dan vaselin.

2.2. Alat

Alat yang digunakan adalah alu dan mortar, cawan, desikator, inkubator 30°C, krustang, oven merek Memmert, sendok, dan timbangan analitik.

2.3. Metode

2.3.1. Pembuatan kerupuk tulang ikan tenggiri

Kerupuk tulang ikan tenggiri dibuat dalam beberapa langkah proses pembuatan seperti pada Gambar 1. Terdapat perbedaan pada akhir proses produksi, yaitu diperoleh 2 jenis produk : varian A dan varian B.

2.3.2. Pengujian masa simpan

2.3.2.1. Pengujian kadar air awal (Mo)

Pengujian Mo sampel dilakukan menggunakan metode oven atau gravimetri (AOAC 1995). Pengujian dilakukan secara duplo. Mo dinyatakan dalam g H_2O/g solid kering. Mo dinyatakan dalam persamaan (2).

Kadar Air

$$= \frac{\text{jumlah air yang diuapkan}}{\text{berat sampel basah} - (\text{jumlah air yang diuapkan})} \times 100\% \quad (2)$$

2.3.2.2. Pengujian kadar air kritis (Mc)

Kadar air kritis menunjukkan satu nilai dimana nilainya mengubah parameter penerimaan produk secara organoleptik terhadap keberterimaan konsumen (Faridah, Sedarnawati, Antin, Ghesi, 2013). Nilai Mc diuji dengan menyimpan sampel pada udara terbuka (RH 75% -80%) dan suhu ruang $\pm 30^\circ C$ tanpa menggunakan kemasan apapun (Kusnandar, Adawiyah, Fitria, 2010). Uji sensori metode skalar dilakukan selama periode penyimpanan tersebut. Pengujian dilakukan dengan cara menekan sampel menggunakan jari tangan.

Pengujian Mc sampel dilakukan menggunakan metode oven atau gravimetri (AOAC 1995). Mc dinyatakan dalam g H_2O/g solid kering. Kadar air awal dinyatakan dalam persamaan (2).

2.3.2.3. Pengujian kadar air kesetimbangan (Me) dan pembuatan kurva isoterm sorpsi air (ISA)

Pengujian Me dilakukan pada 7 (tujuh) tingkatan RH yang berbeda, yaitu 7%; 32%; 43%; 57,7%; 75,32%; 85,32%; dan 97% pada suhu 30°C. 7 tingkatan RH ini didapatkan dari penggunaan 7 macam larutan garam jenuh, ditunjukkan pada Tabel 1. Setiap pengujian dilakukan secara duplo.

Tabel 1

Nilai ERH dan a_w larutan garam jenuh (suhu 30°C)

Larutan garam jenuh	ERH (%)	Aktivitas air (a_w)
NaOH	7	0,07
$MgCl_2$	32	0,32
K_2CO_3	43	0,43
NaBr	57,7	0,577
NaCl	75,32	0,7532
KCl	85,32	0,8532
K_2SO_4	97	0,97

Sumber: Bell dan Labuza (2000)

Larutan garam jenuh dibuat dalam tujuh desikator dan ditutup rapat dengan diberi vaselin agar dapat membentuk RH lingkungan sesuai Tabel 1. Sebanyak 3-5g sampel ditimbang pada cawan aluminium dan disimpan dalam desikator tersebut. Bobot konstan ditandai oleh selisih 3 penimbangan secara berturut-turut. Selisih sampel yang disimpan pada $RH < 90\%$ harus kurang dari sama dengan 0,002/g sampel, sementara selisih sampel yang disimpan pada $RH > 90\%$ harus kurang dari sama dengan 0,01/g sampel (Lionoven & Ross 2000 di dalam Adawiyah 2006).

Gambar 1. Diagram alir pembuatan kerupuk tulang ikan tenggiri

Pengujian Me sampel yang telah mencapai konstan dilakukan menggunakan metode oven atau gravimetri (AOAC 1995). Me dinyatakan dalam g H₂O/g solid kering. Kadar air awal dinyatakan dalam persamaan (2).

Kurva ISA dibuat dengan memasukkan data Me terhadap nilai RH kesetimbangan atau a_w ke dalam sebuah kurva. Data diplotkan ke dalam grafik menggunakan *WPS Spreadsheet* dan diuji ketepatan model terhadap persamaan Caurie, Chen Clayton, GAB, Halsey, Henderson, dan Oswin (Bell & Labuza 2000). Ketepatan dari model yang dipilih ditentukan dengan cara menghitung *Mean Relative Determination* (MRD) dari setiap model. MRD dinyatakan dalam persamaan (3).

$$MRD (\%) = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{M_i - M_{pi}}{M_i} \right| \quad (3)$$

Keterangan:

M_i = kadar air hasil pengujian

M_{pi} = kadar air hasil perhitungan

n = jumlah data

Ketepatan kurva ISA digambarkan dari nilai MRD. Nilai $MRD < 5$ menunjukkan bahwa persamaan tersebut tepat menunjukkan gambaran kurva sorpsi isotermis contoh, nilai $5 < MRD < 10$ menunjukkan bahwa persamaan tersebut mendekati gambaran kurva sorpsi isotermis contoh, dan nilai $MRD > 10$ menunjukkan bahwa persamaan tersebut kurang tepat menggambarkan sorpsi isotermis contoh (Kusnandar *et al.* 2010). Model yang paling tepat kemudian akan digunakan untuk menentukan *slope* kurva (b) dan dipakai dalam perhitungan umur simpan.

2.3.2.4. Perhitungan umur simpan kerupuk tulang ikan tenggiri

Penentuan umur simpan produk kerupuk tulang ikan tenggiri dilakukan dengan menghitung data-data menggunakan persamaan (1). Perhitungan dilakukan pada RH 80% dan pada kondisi suhu 30°C, dinyatakan dengan satuan bulan, diasumsikan terdapat 30 hari pada setiap bulan. Hasil perhitungan umur simpan dari kedua jenis varian kemudian dibandingkan.

2.3.3. Pengujian kandungan gizi

Rancangan percobaan pada penelitian ini menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) Faktorial yang terdiri dari dua faktor yaitu dengan penirisan dan tanpa penirisan diulang sebanyak dua kali ulangan. Variabel parameter yang diuji dalam penentuan kandungan nutrisi kerupuk varian A dan B terdapat pada Tabel 2. Hasil pengujian kemudian dituangkan ke dalam tabel nutrisi (*nutrition facts*).

Perbedaan kandungan nutrisi ini kemudian akan dibandingkan pengaruhnya terhadap umur simpan produk.

Tabel 2

Parameter pengujian kandungan nutrisi

Parameter	Metode
Air	SNI 2354.2:2015
Abu	SNI 01-2354:2010
Protein (N x 6,25)	SNI 01-2354:2006
Lemak	SNI 01-2891-1992, butir 8.2
Serat kasar	SNI 01-2891-1992, butir 11
Karbohidrat	IK 7.2.3 (cara perhitungan)
Energi	IK 7.2.3 (cara perhitungan)
Energi dari lemak	IK 7.2.3 (cara perhitungan)
Jumlah gula	SNI 01-2892-1992, butir 3.1
Natrium (Na)	AOAC 985.35 (50.1.14.2011)
Kalsium (Ca)	AOAC 985.35 (50.1.14.2011)
Kolesterol	MU/INST/4 (GC)
Lemak jenuh	MU/INST/1 (GC)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pembuatan kerupuk tulang ikan tenggiri

Kerupuk tulang ikan tenggiri yang dijadikan sampel melalui dua proses berbeda. Varian original (A) melalui proses penirisan minyak dengan alat *spinner*, sementara varian balado jeruk (B) tidak melalui proses penirisan minyak. Hal ini dilakukan dengan alasan fungsi minyak mempermudah penempelan bumbu pada kerupuk. Perbedaan proses ini akan memengaruhi kandungan lemak (minyak) pada produk, dan kedua varian memiliki nilai umur simpan yang berbeda.

3.2. Pengujian masa simpan

3.2.1. Kadar air awal dan kadar air kritis

Kadar air awal (M_o) menunjukkan jumlah air yang terkandung dalam sampel. Perhitungan M_o dilakukan dengan metode *dry basis* (basis kering). Pemilihan ini didasarkan oleh fungsinya. Nilai perhitungan kadar air basis kering menggambarkan total padatan kering tanpa bergantung pada jumlah air, sehingga dapat digunakan pada kondisi RH dan a_w apapun (Silva, Fileti, Foglio, Rosa, Taranto, 2017). Pengujian kadar air awal dilakukan secara duplo agar hasil yang didapatkan memiliki ketepatan yang baik. Nilai kadar air awal untuk sampel varian A dan B terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3

M_o dan M_c sampel kerupuk tulang ikan tenggiri varian A dan B

Parameter*	A	$\bar{x}$	B	$\bar{x}$
Kadar air awal	1 0,0250 2 0,0258	0,0254	0,0279 0,0269	0,0274
Kadar air kritis	1 0,0838 2 0,0842	0,0840	0,0767 0,0770	0,0769

* dalam g H₂O/g padatan kering

Mc juga penting untuk diketahui karena parameter ini merupakan batas penerimaan produk. Kadar air kritis setiap bahan berbeda, tetapi perubahan seringkali terjadi pada aktivitas air 0,35 - 0,50 (Katz & Labuza 1981; Labuza & Hyman 1998). Produk yang memiliki karakteristik kering seperti kerupuk cenderung lebih menyerap air dari lingkungan. Peristiwa ini menyebabkan penurunan kualitas produk, terutama dari segi kerenyahannya. Pengujian Mc dilakukan secara duplo. Nilai Mc sampel varian A dan B terdapat pada Tabel 3.

Data yang diperoleh menunjukkan Mo varian A dan varian B tidak berbeda jauh, yaitu terpaut 0,002 g H₂O/g padatan kering, namun nilai Mc kedua produk berbeda cukup jauh, yaitu terpaut 0,0071 g H₂O/g padatan solid. Varian B memiliki lebih banyak kandungan minyak di dalamnya, dan semakin banyak kandungan lemak yang dimiliki oleh suatu produk pangan, kecenderungannya untuk kehilangan parameter kerenyahan akan semakin cepat. Hal ini terjadi karena kandungan air pada produk berkadar air rendah dipengaruhi oleh kandungan lemak di dalamnya (Roca *et al.* 2006).

3.2.2. Kurva isotherm sorpsi air

Pengukuran Me dilakukan untuk mendapatkan kurva ISA. Sampel disimpan pada kondisi kelembaban yang berbeda-beda dan ditimbang setiap hari sampai berat konstan untuk kemudian dikeringkan dan dideterminasi kadar air yang diserap atau dilepaskan oleh sampel dan diperoleh kadar air kesetimbangannya.

Data yang didapatkan menunjukkan bahwa kadar air kesetimbangan terus meningkat seiring dengan peningkatan ERH atau a_w desikator. Fenomena ini sesuai dengan perkataan Hernandez dan Giacini (1997) yang menyatakan bahwa uap air berpindah ke dalam produk dari lingkungannya hingga terjadi kesetimbangan. Hal ini didasarkan oleh adanya perbedaan RH antara lingkungan dan produk (Demirkol, Erdogdu, Palazoglu, 2006). Perpindahan terjadi dari RH tinggi menuju RH rendah. Hal ini terjadi sebab pada dasarnya, setiap bahan akan menyesuaikan dengan keadaan lingkungannya selama penyimpanan atau disebut dengan fenomena hidratisasi (DeMann 1989).

Pengujian kadar air kesetimbangan dilakukan secara duplo pada setiap RH, agar hasil pengujian yang didapat lebih akurat. Hasil pengujian Me terdapat pada Tabel 4.

Penyimpanan pada ERH 7% (NaOH) merupakan penyimpanan yang paling cepat mendapatkan sampel yang memiliki berat konstan, sementara penyimpanan pada ERH 85,32% (KCl) merupakan penyimpanan yang paling lama. Secara teori penyimpanan pada ERH paling tinggi adalah yang paling lama karena waktu untuk mencapai

kesetimbangan antara produk dan lingkungan berbanding lurus dengan RH penyimpanan, artinya waktu tercapainya kesetimbangan akan semakin lama seiring dengan peningkatan RH penyimpanan (Kusnandar *et al.* 2010).

Tabel 4

Kadar air kesetimbangan sampel kerupuk tulang ikan tenggiri varian A dan B pada setiap RH

Larutan garam jenuh	Me	
	A	B
NaOH	0,0205	0,0186
MgCl ₂	0,0438	0,0381
K ₂ CO ₃	0,0589	0,0435
NaBr	0,0723	0,0596
NaCl	0,1145	0,1041
KCl	0,1526	0,1693
K ₂ SO ₄	0,2294	0,2859

Data Me yang didapat kemudian dimasukkan ke dalam grafik berdasarkan 6 model berbeda dan dihitung nilai MRD sebagai penentuan jenis model yang paling tepat menggambarkan kondisi sebenarnya (lihat Tabel 5 untuk varian A dan Tabel 6 untuk varian B).

Tabel 5

Persamaan kurva ISA varian A dan nilai MRDnya masing-masing

Model	Persamaan	%MRD
Halsey	$a_w = \exp \left[\frac{-P_1}{Me^{P_2}} \right]$	19,31
Chen-Clayton	$a_w = \exp \left[\frac{-P_1}{\exp(P_2 \times Me)} \right]$	15,98
Henderson	$1-a_w = \exp(-KMe^n)$	10,46
Caurie	$\ln Me = \ln P_1 - P_2 \times a_w$	6,73
Oswin	$Me = P_1 \left[\frac{a_w}{(1-a_w)} \right]^{P_2}$	8,50
GAB	$Me = \frac{x_m k_b a_w}{[(1-k_b a_w)(1-k_b a_w + c k_b a_w)]}$	4,07

Tabel 6

Persamaan kurva ISA varian B dan nilai MRDnya masing-masing

Model	Persamaan	%MRD
Hasley	$a_w = \exp \left[\frac{-P_1}{Me^{P_2}} \right]$	22,21
Chen-Clayton	$a_w = \exp \left[\frac{-P_1}{\exp(P_2 \times Me)} \right]$	45,85
Henderson	$1-a_w = \exp(-KMe^n)$	23,38
Caurie	$\ln Me = \ln P_1 - P_2 \times a_w$	13,13
Oswin	$Me = P_1 \left[\frac{a_w}{(1-a_w)} \right]^{P_2}$	11,00
GAB	$Me = \frac{x_m k_b a_w}{[(1-k_b a_w)(1-k_b a_w + c k_b a_w)]}$	7,31

Model *Guggenheim-Anderson-de Boer* (GAB) menghasilkan nilai MRD paling rendah baik bagi varian A maupun varian B. Model kurva ISA untuk sampel varian A dan B dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Model GAB dianggap sebagai model yang paling serbaguna karena dapat digunakan untuk hampir semua produk dengan jangkauan aktivitas air yang luas (Sirpatrawan 2009). Model GAB juga dapat memberikan informasi mengenai *monolayer*

moisture content (x_m) (Siripatrawan & Jantawat 2006).

Nilai kemiringan kurva ISA ditentukan pada keadaan linear kurva ISA (Arpah 2001). Nilai *slope* kurva ISA diambil pada kemiringan kurva yang melalui M_0 (Labuza 1982). Dari kurva ISA tersebut, didapatkan nilai *slope* untuk varian A sebesar 0,1103 dan untuk varian B sebesar 0,0992.

Nilai *slope* diperoleh dari kemiringan kurva, atau perbandingan antara a_w dan Me . Nilai a_w untuk varian A pada Me 0,0841 g H_2O /g padatan kering adalah 0,6387. Nilai a_w untuk varian B pada Me 0,0769 g H_2O /g padatan kering adalah 0,6704.

Gambar 2. Kurva ISA varian A model GAB

Gambar 3. Kurva ISA varian B model GAB

Kurva ISA yang diperoleh kemudian diolah berdasarkan persamaan GAB untuk memperoleh konstanta persamaan, yaitu k_b , c , dan x_m (McMinn, McKee, Magee, 2007) seperti pada Tabel 7. Konstanta k_b mendeskripsikan keadaan energi dari molekul multilayer rata-rata, konstanta c berperan menentukan bentuk sigmoid kurva sekaligus mendeskripsikan efek suhu pada isoterms pangan, sementara konstanta x_m mendeskripsikan *monolayer moisture content* atau ukuran penyerapan air oleh bahan pangan (Van Den Berg 1984; Hernandez & Giacini 1997; Al-Muhtasep, Micmin, Magee 2004). Setelah memperoleh konstanta persamaan dan nilai *slope*, dapat diperoleh juga persamaan GAB untuk masing-masing varian agar diperoleh nilai Me pada RH 80%. Pemilihan nilai RH 80% didasarkan pada kondisi Indonesia yang

merupakan daerah tropis. Menurut (Subramaniam 2011), RH pada daerah tropis dapat mencapai 80%. Nilai Me untuk varian A adalah 0,1251 g H_2O /g padatan kering, sementara untuk varian B adalah 0,1171 g H_2O /g padatan kering.

Tabel 7
Konstanta persamaan GAB

Konstanta	A	B
k_b	0,8639	0,9460
c	13,3554	19,7430
x_m	0,0399	0,0289

3.2.3. Penentuan umur simpan

Umur simpan untuk kedua jenis produk dihitung pada kondisi RH 80% dengan suhu 28°C. Pemilihan nilai ini disesuaikan dengan keadaan wilayah Indonesia. Parameter penentuan umur simpan terdapat pada Tabel 8.

Permeabilitas uap air (k/x) kemasan ditentukan melalui perhitungan dari WVTR. Jenis kemasan yang digunakan adalah *pouch* dengan bahan dasar *aluminium foil*. Nilai WVTR untuk kemasan tersebut adalah 1,2833 g/m².hari (Wijanarti, Ambarwati, Sabarisman, 2019). Perbedaan jenis kemasan turut memengaruhi umur simpan produk (Pajin, Lazic, Jovanovic, Gvozdenovic, 2006). Nilai k/x kemasan terdapat pada Tabel 8.

Tabel 8
Parameter untuk perhitungan umur simpan model kadar air kritis untuk varian A dan B

Parameter	A	B
Me (g H_2O /g padatan kering)	0,1251	0,0769
Mo (g H_2O /g padatan kering)	0,0254	0,0274
Mc (g H_2O /g padatan kering)	0,0840	0,1171
<i>Slope</i> kurva ISA (b)	0,1103	0,0992
k/x (g/m ² .hari.mmHg)	0,2900	0,2900
A (m ²)	0,0539	0,0539
Ws (g)	68,2220	68,2220
P_0 pada suhu 28°C	2,8350	2,8350

Perhitungan luas kemasan untuk kedua varian sama, yaitu 0,0539 m². Angka ini diperoleh dari hasil penjumlahan luas muka kemasan (11cm*22cm) dan luas alas kemasan (11cm*5cm).

Pendugaan umur simpan produk dilakukan dengan mengolah data Tabel 8 pada persamaan (1). Dari perhitungan tersebut, diperoleh umur simpan untuk varian A adalah 150 hari atau 5,0 bulan, sementara untuk varian B adalah 122 hari atau 4,1 bulan. Terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara masa simpan varian A dan B, yaitu 1 bulan. Hal ini menunjukkan bahwa proses penirisan minyak pada produk kerupuk tulang ikan tenggiri dapat memperpanjang umur simpannya.

3.3. Kandungan nutrisi

Perbedaan umur simpan antara varian A dan B juga mungkin terjadi karena adanya perbedaan komposisi produk, struktur dan tekstur akibat perbedaan formulasi dan proses produksi (Sirpatrawan 2009). Hal ini juga memengaruhi kandungan nutrisi produk. Hasil pengujian produk varian A dan B terdapat pada Tabel 9. Informasi nilai gizi produk varian A dan B terdapat pada Tabel 10 dan 11.

Tabel 9
Hasil pengujian gizi kerupuk tulang ikan tenggiri varian A

Parameter	Satuan	Hasil	
		A	B
Air	%	2,35±0,1	2,57±0,09
Abu	%	4,14±0,17	4,75±0,25
Protein (N x 6,25)	%	5,34±0,16	5,06±0,21
Lemak	%	25,8±1,6	25,9±1,1
Serat kasar	%	0,11±0,01	0,45±0,03
Karbohidrat	%	62,3±1,8	61,3±0,9
Energi	Kal/100 gram	503±1	499±1
Energi dari lemak	Kal/100 gram	232±2	233±1
Jumlah gula	%	2,65±0,07	8,03±0,01
Natrium (Na)	mg/100 gram	566±1	954±1
Kalsium (Ca)	mg/100 gram	808±2	
Kolesterol	mg/100 gram	28,2±0	
Lemak jenuh	%	11,0±0,2	10,6±0,1

Kandungan lemak pada varian B lebih tinggi dibanding varian A. Dengan kandungan lemak yang lebih tinggi, produk yang dihasilkan diharapkan lebih stabil karena sifat hidrofobisitas produk lebih tinggi sehingga penyerapan air lebih rendah. Namun hasil menunjukkan hal sebaliknya. Hal ini mungkin terjadi karena selain bergantung pada kadar lemak, kadar air pada produk pangan juga bergantung pada migrasi air antar komponen dalam produk itu sendiri, dengan kata lain bergantung pada mekanisme transportasi air dan kompleksitas struktur pangan (Roca *et al.* 2006).

Tabel 10
Informasi nilai gizi kerupuk tulang ikan tenggiri varian A dengan takaran saji 70g

Energi total	350 kkal
Energi dari lemak	160 kkal
	%AKG
Lemak total	18g 27%
Kolesterol	20mg 7%
Lemak jenuh	8g 40%
Protein	4g 7%
Karbohidrat total	44g 14%
Gula	2g
Naram (Natrium)	400mg 27%

Tabel 11

Informasi nilai gizi kerupuk tulang ikan tenggiri varian B dengan takaran saji 70g

Energi total	350 kkal
Energi dari lemak	160 kkal
	%AKG
Lemak total	18g 27%
Lemak jenuh	7g 35%
Protein	4g 7%
Karbohidrat total	43g 13%
Gula	6g
Naram (Natrium)	670mg 45%

Kandungan lemak pada produk pangan juga dapat menyebabkan reaksi ketengikan, mengubah rasa dan aroma produk, dan pada akhirnya memengaruhi umur simpan (Riaz & Rokey, 2011). Hasil pendugaan umur simpan yang didapatkan hanya dilakukan dengan metode kadar air kritis. Parameter lain yang perlu diperhatikan pula kaitannya dengan kualitas kerupuk tulang ikan tenggiri adalah ketengikan. Hal ini menunjukkan bahwa potensi kerusakan kerupuk akibat ketengikan perlu diteliti lebih lanjut untuk menentukan umur simpan produk dengan lebih baik.

4. Kesimpulan

Kadar air kritis untuk kerupuk tulang ikan tenggiri varian A adalah 0,0840 g H₂O/g padatan kering dan untuk varian B adalah 0,0769 g H₂O/g padatan kering. Proses penirisan minyak pada produk berpengaruh terhadap umur simpan dan nutrisi. Umur simpan berdasarkan parameter kerenyahan untuk varian A adalah 5,0 bulan dan untuk varian B adalah 4,1 bulan. Diperlukan penelitian lanjutan mengenai umur simpan produk berdasarkan parameter ketengikan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Badan Standardisasi dan Kebijakan Jasa Industri (BKSJI), Kementerian Perindustrian yang telah mendanai penelitian ini dan Bapak Muhammad Rofik Akbar (IKM CV. Jaya Rasa Bengkulu) yang telah membantu penyediaan bahan baku sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

- AOAC. (1995). *Official Methods of Analysis* (16th ed.). Washington: Association of Official Analytical Chemist.
- Adawiyah, D. R. (2006). *Hubungan sorpsi air, suhu, transisi gelas, dan mobilitas air serta pengaruhnya terhadap stabilitas produk pada model pangan*. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana IPB.

- Al-Muhtasep, A. H., Micminn, W. A. M., & Magee, T. R. A. (2004). Water sorption isotherms of starch powders Part 1: Mathematical description of experimental data. *J. Food Eng.*, 61(297-307). [https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(03\)00133-X](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(03)00133-X)
- Arpah, M. (2001). *Buku dan Monograf Penentuan Kadaluarsa Produk Pangan*. Bogor: Program Pasca Sarjana IPB.
- Azanza, A. B., & Faria, J. A. F. (2005). Use of mathematical models for estimating the shelf-life of cornflakes in flexible packaging. *Packag. Technol. Sci.*, 18(4), 171-178. <https://doi.org/10.1002/pts.686>
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 34 tahun 2019 tentang Kategori Pangan*.
- Bell, L. N., & Labuza, T. P. (2000). *Moisture Sorption Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use* (2nd ed.). The American Association of Cereal Chemists, Inc.
- DeMann, J. (1989). *Principles of Food Chemistry*. Belmont: Wadsworth, Inc.
- Demirkol, E., Erdogdu, F., & Palazoglu, T. K. (2006). Experimental determination of mass transfer coefficient: Moisture content and humidity ratio driving force approaches during baking. *J. Food Proc. Eng.*, 29, 188-201. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2006.00056.x>
- Faridah, D. N., Sedarnawati, Y., Antin, S., & Ghesi, W. A. (2013). Pendugaan umur simpan dengan metode accelerated shelf-life testing pada produk bandrek instan dan sirup buah pala (*Myristica fragrans*). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 18(3), 144-153.
- Fajaria, A., Rohmayanti, T., & Kusumaningrum, I. (2019). Kadar kalsium dan karakteristik sensori kerupuk dengan penambahan tepung tulang ikan patin dan jamur tiram putih (*Pleurotus oestreatus*). *Prosiding Seminar Teknologi Pangan*, Vol. 13 No. 2.
- Hernandez, R. J., & Giacin, J. R. (1997). Factor affecting permeation, sorption and migration processes in packaged-product systems. In I. A. Taub & R. P. Singh (Eds.), *Food Storage Stability* (pp. 269-330). New York: CRC Press.
- Ikasari, D., Suryaningrum, T. D., Arti, I. M., & Supriyadi. (2017). Pendugaan Umur Simpan Kerupuk Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) Panggang dalam Kemasan Plastik Metalik dan Polipropilen. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan Perikanan*, Vol 12: No 1.
- Indriani, M. 2020. *Penentuan umur simpan kerupuk ikan palemang yang dikemas dalam beberapa jenis kemasan*. Skripsi. Program Studi Teknologi Hasil Pertanian: Universitas Sriwijaya.
- Katz, E. E., & Labuza, T. P. (1981). Effect of water activity on the sensory crispness and mechanical deformation of snack food products. *J. Food Sci.*, 46, 403-409. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb04871.x>
- Kusnandar, F., Adawiyah, D. R., & Fitria, M. (2010). Pendugaan umur simpan produk biskuit dengan metode akselerasi berdasarkan pendekatan kadar air kritis. *J. Teknol. Dan Industri Pangan*, 21(2), 117-122.
- Labuza, T. P. (1982). *Shelf Life Dating of Foods*. Westport: Food and Nutrition Press, Inc.
- Labuza, T. P., & Hyman, C. R. (1998). Moisture migration and control in multi-domain foods. *Trends Food Sci. Technol.*, 9, 47-55. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(98\)00005-3](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(98)00005-3).
- Lee, C. M., & Resurreccion, A. V. A. (2006). Predicting sensory attribute intensities and consumer acceptance of stored roasted peanuts using instrumental measurements. *J. Food Qual.*, 29(4), 319-338. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2006.00076>.
- McMinn, W. A. M., McKee, D. J., & Magee, T. R. A. (2007). Moisture adsorption behaviour of oatmeal biscuit and oat flakes. *J. Food Eng.*, 79(2), 481-493. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.02.009>.
- Pajin, B., Lazic, V., Jovanovic, O., & Gvozdenovic, J. (2006). Shelf-life of dragee product based on sunflower kernel depending on packaging material used. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 41, 717-721. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01147.x>
- Pangawikan, A. D., Santoso, U., Suparmo, & Hastuti, P. (2017). Shelf-life prediction of Indonesian fish cracker fried with mix palm-sesame oil using accelerated shelf-life test (ASLT). *Int. J. Sci. Res.*, 6(8), 921-926. <https://doi.org/10.21275/ART20176095>.
- Prior, B. A. (1979). Measurement of water activity in foods: A review. *J. Food Prot.*, 42(8), 668-674. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-42.8.668>.
- Putri, S., & Nugroho, A. (2019). Pemanfaatan tepung tulang ikan tenggiri untuk meningkatkan daya terima dan kandungan kalsium biskuit dan opak singkong. *Jurnal Kesehatan Metro Sai Wawai*, 12(1). <https://doi.org/10.26630/jkm.v12i1.1733>
- Roca, E., Guillard, V., Guilbert, S., & Gontard, N. (2006). Moisture migration in a cereal composite food at high water activity: Effects of initial porosity and fat content. *J. Cereal Sci.*,

- 43, 144–151.
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.08.008>.
- Riaz, M. N., & Rokey, G. J. (2011). Impact of particle size and other ingredients on extruded foods and feeds. In *Extrusion Problems Solved: Food, Pet Food and Feed* (pp. 55–63). Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.
<https://doi.org/10.1533/9780857095206.55>
- Silva, B. G., Fileti, A. M. F., Foglio, M. A., Rosa, P. T. V., & Taranto, O. P. (2017). Effects of different drying conditions on key quality parameters of pink peppercorns (*Schinus terebinthifolius* Raddi). *J. Food Qual.*, 2017.
<https://doi.org/10.1155/2017/3152797>.
- Siripatrawan, U., & Jantawat, P. (2006). Determination of moisture sorption isotherms of Jasmine rice snacks using BET and GAB models. *Food Sci. Technol. Int.*, 12(6), 459–465.
<https://doi.org/10.1177/1082013206072622>.
- Siripatrawan, U. (2009). Shelf-life simulation of packaged rice crackers. *J. Food Qual.*, 32(2), 224–239. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2009.00247.x>.
- Subramaniam, P. (2011). The stability and shelf life of confectionery products. In D. Kilcast & P. Subramaniam (Eds.), *Food and Beverage Stability and Shelf Life* (pp. 716–742). Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.
<https://doi.org/10.1533/9780857092540.3.716>.
- Sunyoto, M. (2017). Pendugaan umur simpan kerupuk ikan dalam berbagai jenis kemasan dengan metode akselerasi melalui pendekatan kadar air kritis. *Jurnal Penelitian Pangan*, Vol 2 No 1.
- Van den Berg, C. (1984). Description of water activity of foods for engineering purposes by means of the GAB model of sorption. In B. M. McKenna (Ed.), *Engineering and Food, Vol. 1* (pp. 311–321). New York: Elsevier Applied Science.
- Vijayalakshmi, N. S., Indiramma, A. R., Viswanath, P., Dattatreya, A., & Kumar, O. R. (2005). Extension of the shelf-life of Brufi by packaging. *J. Food Qual.*, 28, 121–136.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2005.00001.x>.
- Wijanarti, S., Ambarwati, G., & Sabarisman, I. (2019). Shelf life determination of pegagan (*Centella asiatica*) chips using accelerated shelf-life testing (ASLT) method. *Agro. J.*, 6(1), 396–404