

PENDUGAAN UMUR SIMPAN KERUPUK MENTAH TAPIOKA DALAM KEMASAN PLASTIK POLYPROPYLENE DAN LOW DENSITY POLYETHYLENE MENGGUNAKAN METODE KADAR AIR KRITIS

Accelerated Shelf Life Testing Of Pre-Frying Tapioca Cracker In Polypropylene And Low Density Polyethylene Using A Critical Moisture Content Method

Novriaman Pakpahan^{1*}, Feri Kusnandar², Elvira Syamsir^{2,3}, Sri Maryati¹

¹Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Teuku Umar, Aceh Barat

²Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

³Southeast Asian Food and Agricultural Science and Tecnology Center, Institut Pertanian Bogor.

*email : novriaman@utu.ac.id

ABSTRAK

Kerupuk mentah mengadsorpsi uap air selama penyimpanan yang menyebabkan kadar air kerupuk mentah meningkat. Kadar air yang tinggi menyebabkan kerupuk mentah menghasilkan kerupuk goreng yang tidak renyah. Laju perpindahan molekul air tersebut dapat dikurangi dengan menyimpan kerupuk mentah dalam kemasan polipropilen (PP) dan Polietilen densitas rendah mencapai kadar air kritis. Pendugaan umur simpan dilakukan pada RH 80% dan 85%. Adapun garam jenuh yang digunakan untuk membuat kurva isoterme sorpsi air yaitu NaOH, KCH₃CO₂, MgCl₂, K₂CO₃, Mg(NO₃)₂, NaBr, NaNO₂ NaCl, KCl dan BaCl₂. Permeabilitas uap air plastik PP dan LDPE masing-masing adalah 0,205 g/m²hari.mmHg dan 0,501 g/m²hari.mmHg. Umur simpan kerupuk mentah yang dikemas plastik PP pada RH 80% dan 85% masing-masing adalah 573 hari dan 348 hari. Umur simpan kerupuk mentah yang dikemas plastik LDPE pada RH 80% dan 85% masing-masing adalah 234 hari dan 142 hari.

Kata kunci: Metode air kritis, isoterm sorpsi air, kemasan, umur simpan, kerupuk tapioka

ABSTRACT

Pre-fried tapioca cracker adsorped water molekul during storing. It caused moisture content of cracker increase and its fried cracker was not crispy. adsorping rate Packaging could reduce with packaging. This research was aimed to predicting periode time of pre-fried cracker in polypropilen (PP) and low density polyethylene (LDPE) packaging through critical moisture. Accelerated shelf life testing was at RH 80 % and 85 %. Saturated salts for making moisture sorption isotherm curve are NaOH, KCH₃CO₂, MgCl₂, K₂CO₃, Mg(NO₃)₂, NaBr, NaNO₂ NaCl, KCl and BaCl₂. Vapour permeability of Polypropilen (PP) and Low Density Polyetilen (LDPE) is 0,205 g/m²hari.mmHg and 0,501 g/m²hari.mmHg, repectively. Shelf-life of pre-frying in the PP at RH 80 % and 85 % was 573 days and 347 days, repectively. In other side, shelf life of pre-frying cracker in the LDPE at RH 80 % and 85 % was 234 days and 142 days

Keywords : Critical moisture method, moisture sorption isotherm, Package, shelf-life, tapioca cracker

PENDAHULUAN

Kerupuk merupakan makanan ringan yang sangat populer di Indonesia dan beberapa negara asia tenggara seperti Malaysia dan Thailand (Tongdang *et al.*, 2008, Taewee TK, 2011). Produk ini dipasarkan dalam dua bentuk yaitu kerupuk mentah dan kerupuk goreng. Kerupuk mentah diperoleh dengan cara mencampurkan bahan berpati dengan bumbu-bumbu (garam, gula dan rempah-rempah) dan air kemudian dibuat adonan, dikukus, dicetak dan dikeringkan sedangkan kerupuk goreng diperoleh dari kerupuk mentah yang dipanaskan dalam minyak goreng (Tongdang *et al.*, 2008, Chang dan Chen, 2013). Kerupuk mentah yang digoreng mengalami penambahan volume dan memiliki struktur berporous serta bertekstur renyah (Taewee TK, 2011).

Van der Sman dan Broeze (2013) menjelaskan bahwa pengembangan volume kerupuk melibatkan fenomena termodinamika yang melibatkan faktor-faktor yaitu perpindahan energi, perpindahan massa air, tekanan uap air dan sifat viskoelastis polimer. van der Sman dan Broeze (2013) dan Pakpahan *et al.*, (2017) menjelaskan bahwa molekul air memiliki peran penting karena mempengaruhi sifat viskoelastis polimer dan besarnya tekanan uap air. Kadar air yang tinggi menyebabkan viskoelastis polimer dan tekanan uap air yang rendah sehingga terjadi kegagalan pembentukan gelembung saat proses *puffing*. Nguyen *et al.*, (2013) menemukan bahwa

kerupuk goreng yang diperoleh dari kerupuk mentah berkadar air tinggi memiliki daya mengembang dan tingkat kerenyahan yang rendah. Selanjutnya, Pakpahan *et al.*, (2017) telah melaporkan bahwa kadar air kerupuk tapioka mentah yang menghasilkan daya mengembang dan tingkat kerenyahan yang tinggi yaitu berkisar 0,06 hingga 0,11 gH₂O/g padatan dan terjadi penurunan daya mengembang yang drastis pada nilai kadar air melebihi 0,11 gH₂O/g padatan dan menghasilkan kerupuk yang tidak renyah. Oleh sebab itu, untuk menghasilkan kerupuk yang memiliki daya mengembang dan tingkat kerenyahan yang tinggi perlu mempertahankan kerupuk mentah tetap kering atau berkadar air rendah.

Sebagaimana bahan pangan kering lainnya seperti susu bubuk, tepung, biskuit dan kerupuk kemplang, kerupuk mentah mengadsorpsi molekul air selama penyimpanan (Sahu dan Das 2010, Kusnandar *et al.*, 2010, Chuma *et al.*, 2012, Mustafidah dan Widjanarko, 2015, Pakpahan *et al.*, 2017). Keadaan tersebut menyebabkan kadar air kerupuk mentah meningkat dan mempengaruhi daya mengembang kerupuk. Upaya untuk mengurangi laju perpindahan molekul air tersebut dapat dilakukan dengan menyimpan kerupuk mentah dalam kemasan. Plastik *polypropylene* (PP) dan *low density polyethylene* (LDPE) termasuk bahan yang umum digunakan untuk mengemas kerupuk mentah.

Besarnya permeabilitas plastik terhadap uap air menentukan laju perpindahan uap air

masuk ke dalam bahan pangan. Hubungan antara permeabilitas kemasan terhadap laju perpindahan uap air ke dalam bahan pada RH tertentu telah dikembangkan oleh Labuza *et al.*, (1982) untuk memprediksi umur simpan produk pangan. Metode ini dikenal sebagai penentuan umur simpan dengan pendekatan kadar air kritis. Kusnandar *et al.*, (2010) telah menggunakan metode tersebut dalam penentuan umur simpan biskuit. Beberapa produk lain seperti tortila dan tepung juga ditentukan dengan metode ini (Budijanto *et al.*, 2010, Mustafidah dan Widjanarko 2015). Penelitian ini dimaksudkan untuk memprediksi periode waktu perpindahan molekul air ke dalam kerupuk mentah dikemas plastik PP dan LDPE untuk mencapai kadar air kritisnya yaitu nilai kadar air menyebabkan kerupuk mentah tidak dapat mengembang dengan baik sehingga kerupuk gorengnya tidak diterima oleh konsumen

METODOLOGI

Bahan

Bahan pembuatan kerupuk terdiri dari tepung tapioka merk Gunung Merah dan tepung terigu merk Segitiga Biru dan bumbu lainnya (garam, bawang, dan rempah-rempah). Bahan untuk membuat garam jenuh adalah NaOH, KCH_3CO_2 , $MgCl_2$, K_2CO_3 , $Mg(NO_3)_2$, NaBr, $NaNO_2$, NaCl, KCl dan $BaCl_2$, (Merck, Germany).

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mixer (Hitachi Ltd tipe SS-111, Japan),

steamer (Christian Wangner Metallwarenfabric tipe KA120/ 1,6, France), slicer (Hallde, Sweden), inkubator.

Pengolahan kerupuk mentah

Pengolahan kerupuk mentah tapioka merujuk metode Pakpahan *et al.*, (2017). Tahap awal pengolahan kerupuk mentah dilakukan dengan mencampurkan dan memanaskan tepung tapioka (300 g), garam (20 g) dan air (400 mL). Proses ini menghasilkan gel pati encer. Selanjutnya, sebanyak tepung terigu (200 g) dan tepung tapioka (700 g) sedikit demi sedikit dimasukkan ke dalam gel pati encer sambil diaduk dengan mixer selama 30-45 menit untuk membentuk adonan yang plastis (tidak menempel pada wadah). Adonan selanjutnya dicetak persegi ($3 \times 3 \times 20$ cm³) dan dikukus menggunakan steamer pada suhu 105 °C selama 60 menit sehingga adonan mengalami gelatinisasi. Gel adonan didinginkan pada suhu 4-5 °C selama 12 jam. Selanjutnya, gel adonan tersebut diiris dengan ketebalan 2 mm menggunakan slicer. Irisan dikeringkan dalam tray dryer pada suhu 55 °C selama 18-20 jam sampai diperoleh kerupuk mentah yang kering.

Pengukuran kadar air awal (m_0)

Kadar air kerupuk mentah diukur dengan metode AACC (2012) sebelum disimpan.

Pengukuran berat kering produk awal (W_s)

Berat produk awal dalam satu kemasan ditimbang dan dikoreksi dengan kadar air awalnya. Berat produk dinyatakan sebagai berat padatan per kemasan.

Kurva isotermi sorpsi air

Kerupuk mentah (10 g) ditimbang dalam cawan dan diletakkan di dalam 10 desikator berisi larutan garam (analytical grade) jenuh yang berbeda-beda yaitu NaOH, KCH3CO2, MgCl2, K2CO3, Mg(NO3)2, NaBr, NaNO2, NaCl, KCl dan BaCl2. Kondisi RH lingkungan larutan garam jenuh tersebut berada pada rentang 7 hingga 90% (Sahin dan Summu, 2006). Desikator telah diisikan sampel disimpan dalam inkubator pada suhu 30 °C. Sampel tersebut ditimbang setiap hari hingga diperoleh kondisi kesetimbangan (tidak terjadi perubahan berat), yaitu pada saat perubahan berat tidak lebih dari 2 mg (pada 3 kali penimbangan). Khusus untuk sampel yang disimpan pada RH tinggi, perubahan berat tidak lebih dari 10 mg/g. Saat kondisi kesetimbangan tercapai, a_w sampel diasumsikan sama dengan a_w larutan garam jenuh. Setelah konstan, sampel tersebut diukur kadar airnya dengan menggunakan metode oven (AACC, 2012). Kadar air kesetimbangan yang diperoleh dinyatakan

dengan satuan g H₂O/g padatan. Data a_w dan kadar air kesetimbangan sampel diplotkan untuk memperoleh kurva ISA (Pakpahan *et al.*, 2017).

Model Handerson, BET, Hasley dan GAB digunakan untuk mendapatkan model kurva ISA yang tepat. Persamaan matematik masing-masing model dapat dilihat pada **Tabel 1**. Kesesuaian model diuji dengan menggunakan nilai *Mean Relatif Determination* (MRD) dan Root Mean Square Error (MRSE) (persamaan (1) dan (2) (Purohit dan Rao, 2017). Semakin kecil nilai MRD dan MRSE maka model tersebut semakin tepat menggambarkan kurva ISA kerupuk mentah.

$$MRD = 100/n \sum_{i=1}^n |(m_i - m_{pi})/m_i| \dots(1)$$

$$MRSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (m_i - m_{pi})^2} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana m_i merupakan nilai kadar air percobaan, m_{pi} adalah kadar air hasil perhitungan dan n adalah jumlah data.

Tabel 1. Persamaan matematik model isotermis sorpsi air (Andrade *et al.*, 2011, Basu *et al.*, 2006)

Model	Persamaan Matematik	Linierisasi	Polinomial
Handerson	$m_e = (\ln(1-a_w)/(-A))^{1/B}$	$\log(\ln(1/1-a_w)) = \log A + B \log m_e$	
Hasley	$m_e = (-A/\ln a_w)^{1/B}$	$\log(\ln(1/a_w)) = \log A - B \log m_e$	
GAB	$m_e = m_o A B a_w / (1 - B a_w)(1 - A a_w + A B a_w)$		$a_w/m_e = (A/m_o)(1/(B-1)a_w^2 + (B-2)/B m_o) a_w + 1/Abm_o$
BET	$m_e = m_o A a_w / ((1-a_w)(1+(A-1)a_w))$	$a_w/(1-a_w)m = 1/m_o + (c-1)/(m_o c) a_w$	

Keterangan : A, B (konstanta), m_e (kadar air kesetimbangan), a_w (aktivitas air), m_o (kadar air monolayer)

Pengukuran luas kemasan

Luas kemasan (A) yang diukur adalah luasan total plastik yang mewadahi 500 g kerupuk

mentah. Luas kemasan dinyatakan dalam satuan m².

Penentuan Permeabilitas kemasan

Pengujian laju transmisi uap air dilakukan mengikuti prosedur *American Society for Testing and Materials* (ASTM) E96 (1996) dengan modifikasi. Awalnya plastik dipotong sesuai dengan bentuk mulut *beaker glass*, dan kondisi ruangan dibuat kedap udara pada suhu ruang dengan *relative humidity* (RH) 75%. *Beaker glass* yang digunakan diisi dengan *silica gel* sebanyak 10 gram, kemudian plastik dilapiskan pada mulut *beaker glass* tersebut hingga tertutup rapat seluruhnya. Uap air akan masuk ke *silica gel* melalui *edible film* tersebut. Untuk penimbangan awal dilakukan pada jam ke-0 dan dilakukan hingga jam ke- 12. Laju transmisi uap air dapat dihitung dengan persamaan 3. Nilai permeabilitas kemasan (k/x) dihitung dengan membagi nilai WVTR dengan hasil perkalian tekanan uap air murni dengan nilai RH.

$$WVTR = \frac{\Delta x}{AT} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana Δx merupakan perubahan berat (g), T adalah waktu penimbangan (hari), dan A adalah luas permukaan (m^2)

Penentuan kadar air kritis (m_c)

Kadar air kritis (m_c) adalah nilai kadar air pada kondisi dimana produk pangan mulai tidak diterima oleh konsumen secara organoleptik. Skor kerenyahan kerupuk dijadikan acuan penerimaan konsumen terhadap produk. Rentang skor kerenyahan yang diujikan adalah nol (0=sangat tidak renyah) hingga sepuluh (10 = sangat

renyah). Skor kerenyahan kerupuk dibawah nilai 5 (lima) maka kerupuk dinyatakan tidak diterima oleh konsumen. Penilaian skor kerenyahan kerupuk dilakukan oleh 10 panelis terlatih.

Data a_w kerupuk mentah dan skor kerenyahan kerupuk setelah digoreng untuk masing-masing sampel diplotkan sehingga diperoleh grafik hubungan antara skor kerenyahan dan a_w sampel. Skor kerenyahan bernilai 5 dimasukkan ke dalam persamaan untuk mendapatkan a_w kritis. Selanjutnya, nilai a_w kritis dimasukkan ke dalam model GAB untuk mendapatkan nilai kadar air kritis.

Perhitungan umur simpan kerupuk mentah dalam kemasan

Umur simpan kerupuk mentah dihitung pada RH penyimpanan 80% dan 85%. Perhitungan dilakukan dengan memasukkan nilai data ke dalam persamaan (3). Umur simpan dinyatakan dalam satuan hari.

$$Umur\ simpan = \frac{\ln \frac{m_e - m_o}{m_e - m_c}}{\frac{k}{x} \left(\frac{A}{W_s} \right) \frac{P_o}{b}} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana m_e merupakan nilai kadar air kesetimbangan, m_o adalah kadar air awal, m_c adalah kadar air kritis, k/x adalah konstanta permeabilitas uap air kemasan ($g/m^2hari.mmHg$), A adalah luas permukaan kemasan (m^2), W_s adalah berat kering produk dalam kemasan (g padatan), P_o adalah tekanan uap jenuh ($mmHg$), b = kemiringan (slope) kurva isoterm sorpsi air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air awal dan berat padatan kerupuk mentah

Kadar air awal dan berat padatan sampel termasuk variabel yang menentukan periode waktu sampel mencapai kadar air kritis (Labuza,

1982). Kadar air awal kerupuk mentah sebelum penyimpanan adalah 0,056 H₂O/g padatan. Berdasarkan nilai kadar air kerupuk mentah maka berat padatan yang terhitung adalah 473 g per kemasan. Berat kerupuk mentah seluruhnya adalah 500 g per kemasan.

Tabel 2 Nilai konstanta (A dan B), R², m_o, MRD dan MRSD model matematika isothermis sorpsi air

Model	R ²	A	B	m _o	MRD	MRSE
Handerson	0.909	0.024	1.507		17.31	2.32
Hasley	0.997	15.596	1.502		2.70	0.30
GAB	0.994	41.700	0.941	0.043	2.35	0.24
BET	0.959	69.310		0.040	18.59	4.51

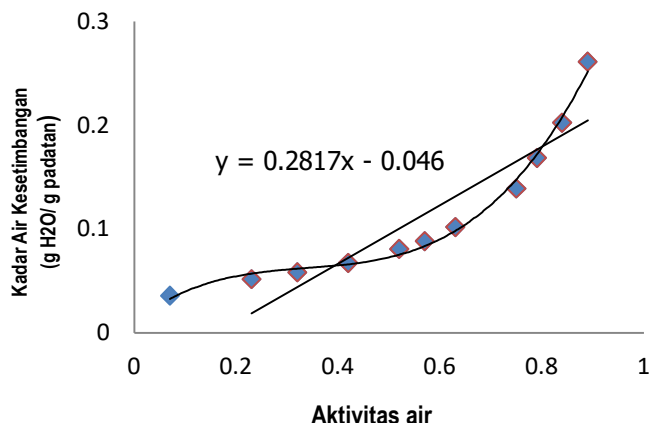
Keterangan : R² (koefisien regresi), A dan B (konstansta), mo (kadar air monolayer), MRD (mean relative determination), MRSE (*mean relative square error*).

Kurva isothermi sorpsi air

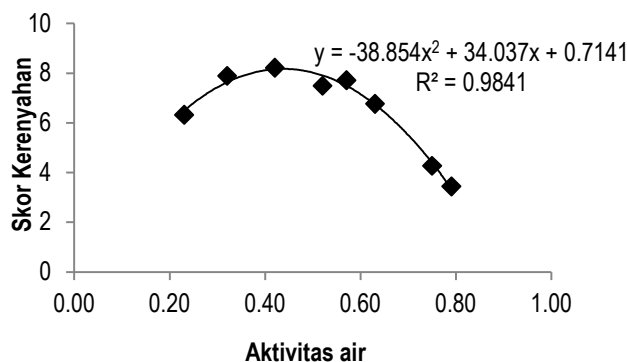
Selama penyimpanan produk pangan menyetimbangkan kelembabannya terhadap kelembaban lingkungan. Jika kelembaban produk pangan rendah maka produk pangan mengadsorpsi uap air dari lingkungan, sebaliknya jika kelembaban produk tinggi maka terjadi desorpsi molekul air (Sahin dan Summu 2006, Andrade *et al.*, 2011). Penelitian ini dilakukan dengan menyimpan kerupuk mentah kering pada berbagai kondisi RH sehingga kurva isotherm sorpsi air terbentuk adalah kondisi adsorpsi.

Kurva adsorpsi kerupuk mentah (**Gambar 1**) menunjukkan bentuk kurva ISA tipe II, yaitu model sigmoid yang biasa diperoleh dari produk larut, yang menunjukkan kecenderungan *asymptotic* (peningkatan kadar air menghasilkan

a_w mendekati 1). Beberapa bahan pangan seperti keripik, biskuit, tepung, dan lainnya juga memiliki bentuk kurva ISA tipe II (Ugwuanyi 2008, Kusnandar 2010 *et al.*, 2010, Madrigal *et al.*, 2011) Beberapa model matematik yang dicobakan untuk melihat kesesuaian model menunjukkan bahwa model Hasley dan GAB dapat menggambarkan kurva ISA kerupuk mentah (**Tabel 2**). Kedua model tersebut memiliki nilai MRD dan MRSE yang paling kecil yaitu 2,70 dan 0,30 untuk model Hasley serta 2,35 dan 0,24 untuk model GAB. Penelitian ini memakai Model GAB diambil sebagai model matematik untuk pengambilan data selanjutnya dikarenakan memiliki kesesuaian model yang paling baik.



Gambar 2. Kurva Isoterm Sorpsi Air Kerupuk mentah



Gambar 3. Grafik hubungan aktivitas air kerupuk mentah dan skor kerenyahan kerupuk mentah setelah digoreng.

Nilai kemiringan kurva dan kadar air kesetimbangan pada RH penyimpanan diperoleh dari kurva ISA. Nilai kemiringan kurva isoterm sorpsi air ditentukan pada daerah linier yang berada pada data di atas nilai kadar air awal pada model kurva isoterm sorpsi air (Labuza 1982, Kusnandar *et al.*, 2010). Berdasarkan garis linier kurva isoterm sorpsi air, maka nilai kemiringan yang diperoleh adalah 0,281. Selanjutnya, RH penyimpanan yang digunakan pada penelitian ini adalah 80 dan 85%. Nilai kadar air kesetimbangan

kerupuk mentah pada RH penyimpanan tersebut berdasarkan model GAB adalah 0,169 g H₂O/g padatan dan 0,208 g H₂O/ g padatan.

Kadar air kritis

Penentuan kadar air kritis kerupuk mentah dilakukan dengan dua tahap perhitungan. Tahap pertama yaitu mendapatkan persamaan grafik dari hubungan a_w kerupuk mentah (sumbu x) dan skor kerenyahan kerupuk mentah setelah digoreng (sumbu y). Tahap kedua adalah menghitung kadar

air kesetimbangan kerupuk mentah pada a_w kritis dengan model GAB untuk memperoleh kadar air kritis. Plot nilai a_w kerupuk mentah dan skor kerenyahan membentuk grafik polinomial pangkat 2 dengan persamaan $y = -38,85x^2 + 34,03x + 0,714$ ($R^2 = 0,984$) (**Gambar 2**). Berdasarkan persamaan tersebut maka a_w kritis kerupuk mentah adalah 0,72. Kadar air kritis diperoleh dari kadar air kesetimbangan kerupuk pada a_w 0,72 berdasarkan model GAB yaitu 0,136 g H₂O/g padatan.

Metode penentuan kadar air kritis dalam penelitian ini disesuaikan dengan pengamatan selama penelitian. Hubungan polinomial pangkat 2 digunakan sebagai grafik penentuan kadar air kritis karena memiliki nilai korelasi yang baik. Penelitian lainnya, Kusnandar et al., (2010) menggunakan grafik hubungan linier dalam penentuan kadar air kritis biskuit. Selanjutnya, Mustafidah dan widjanarko (2015) dan Idayanti et al., (2018) menggunakan skala hedonik langsung dalam penentuan kadar air kritis tanpa membuat hubungan grafik.

Permeabilitas uap air dan luas kemasan

Perpindahan molekul air dari lingkungan pada produk yang dikemas dipengaruhi oleh luas dan permeabilitas uap air kemasan. Semakin luas kemasan maka semakin banyak pori-pori plastik yang tersedia untuk molekul air masuk ke dalam kemasan. Selanjutnya, semakin besar permeabilitas uap air maka semakin cepat molekul air masuk ke dalam kemasan (Kusnandar et al.,

2010, Sembiring dan Hidayat 2012, Wijaya et al., 2014, Idayanti et al., 2018). Luas kemasan dan Nilai permeabilitas uap air kemasan LDPE dan PP dapat dilihat pada **Tabel 3**. PP memiliki permeabilitas uap air yang lebih kecil daripada kemasan LDPE. Nilai permeabilitas PP adalah 0,205 g/m²hr.mmHg, sedangkan LDPE adalah 0,501 g/m²hr.mmHg.

Penentuan umur simpan kerupuk mentah dalam kemasan.

Umur simpan kerupuk mentah ditentukan dengan memasukkan data-data pada **Tabel 3** ke dalam persamaan (3). Hasil perhitungan umur dapat dilihat pada **Tabel 4**. Prediksi umur simpan kerupuk mentah yang dikemas plastik PP pada penyimpanan RH 80% dan 85% adalah 227 hari dan 138 hari. Prediksi umur simpan kerupuk mentah yang dikemas plastik LDPE pada RH penyimpanan 80 % dan 85% adalah 94 hari dan 57 hari.

Kerupuk yang disimpan pada RH yang lebih tinggi diketahui memiliki umur simpan yang lebih pendek dibandingkan dengan kerupuk yang disimpan pada RH lebih rendah. Kusnandar (2010) mendefinisikan nilai RH sebagai persentase tekanan uap air di udara dengan tekanan uap air murni. Tekanan uap air pada RH yang lebih tinggi memiliki gradient tekanan uap air dalam kemasan dan luar kemasan yang lebih besar menyebabkan perpindahan uap air ke dalam kemasan menjadi lebih besar.

Umur simpan kerupuk mentah pada kemasan PP lebih panjang dibandingkan pada kemasan LDPE. Hal ini berkaitan dengan permeabilitas uap air plastik PP yang lebih kecil dari pada permeabilitas uap air plastik LDPE. Permeabilitas uap air yang lebih kecil mampu menahan masuknya uap air lebih banyak

dibanding permeabilitas uap air yang lebih tinggi. Beberapa penelitian juga menemukan hasil yang serupa bahwa produk pangan yang disimpan dalam kemasan permeabilitas uap air yang lebih rendah memiliki pendugaan umur simpan yang lebih panjang (Kusnandar, *et al* 2010; Sembiring, *et al* 2012).

Tabel 3. Data-data untuk perhitungan pendugaan umur simpan kerupuk mentah

Parameter	Nilai Data
Kadar air awal (g H ₂ O/ g padatan)	0,056
Berat kering (g padatan)	473
Slope	0,281
Kadar air kesetimbangan RH 80% (g H ₂ O/ g padatan)	0,169
Kadar air kesetimbangan RH 85% (g H ₂ O/ g padatan)	0,208
Kadar air kritis (g H ₂ O/ g padatan)	0,136
Permeabilitas uap air PP (g H ₂ O/m ² hari.mmHg)	0,205
Permeabilitas uap air LDPE (g H ₂ O/m ² hari.mmHg)	0,501
Luas Kemasan	0,048
Tekanan uap air murni (mmHg)	29,017

Tabel 4. Umur simpan kerupuk mentah dalam kemasan PP dan LDPE pada kelembaban relatif penyimpanan yang berbeda.

Kelembaban Relatif (%)	Umur simpan (hari)	
	PP	LDPE
80	573	234
85	348	142

KESIMPULAN

Kurva isotemi sorpsi air kerupuk mentah memiliki kurva tipe II (sigmoid). Berdasarkan model matematik yang dicobakan maka model GAB adalah model yang paling baik menggambarkan kurva ISA kerupuk mentah. Nilai Kadar air kritis kerupuk mentah berada pada kadar air kesetimbangan 0,136 g H₂O/g padatan. Hasil perhitungan pendugaan umur simpan

menunjukkan bahwa kerupuk mentah yang disimpan pada RH yang lebih tinggi memiliki umur simpan yang lebih pendek dan kerupuk mentah yang dikemas plastik PP yang memiliki permeabilitas rendah mampu memberikan umur simpan yang lebih panjang dibandingkan dikemas dengan plastik LDPE yang memiliki permeabilitas lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi yang telah memberikan dana bantuan melalui beasiswa afirmasi 3T PraS2-Sainstek.

DAFTAR PUSTAKA

- [AACC] American Association of Cereal Chemists International. (2012). *Approved Methods of Analysis*. AACC International, St. Paul, Minnesota.
- Andrade, RD., Lemus, R., & Pérez CE. (2011). Models Of Sorption Isotherms for Food: Uses and Limitations – A Review. *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica* 18: 325–334.
- [ASTM] American Society for Testing and Materials. (1995). *Standard Test Methods For Water Vapor Transmission of Material, Annual book of ASTM. E96-95*. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
- Basu, S., Shivhare, U.S., & Mujumdar, A.S. (2006). Model for Sorption Isotherm for Food. [Review]. *Dry Technology* 24: 917-930. DOI: 10.1080/07373930600775979.
- Budijanto, S., Sitanggang, A.B., & Kartika, Y.D., (2010). Penentuan Umur Simpan Tortilla dengan Metode Akselerasi berdasarkan Kadar Air Kritis serta Pemodelan Ketepatan Sorpsi Isoterminya. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 20(2):165-170.
- Chang, H., & Chen, H. (2013). Association Between Textural Profiles and Surface Electromyographic (Semg) Behaviors of Microwavable Cassava Cutlefish Crackers with Various Expansion Ratios. *Food Research International* 153: 334-341. DOI: [10.1016/j.foodres.2013.04.015](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.04.015).
- Chuma, A., Ogawa, T., Kobayashi, O., & Adachi, S. (2012). Moisture Sorption Isotherm of Durum Wheat Flour. *Food Science Technology Research* 18: 617-622. DOI: [10.3136/fstr.18.617](https://doi.org/10.3136/fstr.18.617).
- Idayanti, D., Darmawati, E., & Sutrisno. (2018). Pembuatan dan Pendugaan Lama Simpan Bubuk Asam Suntii dalam Kemasan dengan Metode Sorpsi. *Jurnal Keteknikaan Pertanian* 6(2):151-158.
- Ilimi, I.M.B., Arini, F.A., Sofianita, N.I., & Firgicinia, F. (2017). Kerupuk Pasir Ikan Kembung (Rastrelliger Kanagurta) sebagai Camilan Sehat Pencegah Hiperkolesterol. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 6(3):105-108.
- Kusnandar, F., Adawiyah, D.R., & Fitria, M. (2010). Pendugaan Umur Simpan Produk Biskuit dengan Metode Akselerasi Berdasarkan Pendekatan Kadar Air Kritis. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 21(2):117-122.
- Kusnandar, F. (2010). *Kimia Pangan: Komponen Makro*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Labuza, TP. (1982). *Shelf Life Dating of Foods: in Food and Nutrition*. Westport: Press Inc.
- Madrigal, L., Sandoval, A.J., & Müllera A.J. (2011). Effects Of Corn Oil on Glass Transition Temperatures of Cassava Starch. *Carbohydrate Polymer* 85: 875–884. DOI: [10.1016/j.carbpol.2011.04.013](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.04.013).
- Mustafidah, C., & Widjanarko, S.B. (2015). Umur Simpan Minuman Serbuk Berserat dari Tepung Porang (Amorphophallus Oncophillus) dan Karagenan melalui Pendekatan Kadar Air Kritis. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3(2): 650-660.
- Nguyen, T.T., Le, T.Q., & Songsermpong, S. (2013). Shrimp Cassava Cracker Puffed by Microwave Technique: Effect of Moisture and Oil Content on Some Physical Characteristics. *Kasetsart Journal Natural Science*, 47: 434-446.

- Pakpahan, N., Kusnandar F, & Syamsir E. (2017). Perilaku Isoterm Sorpsi Air dan Perubahan Fisik Kerupuk Tapioka pada Suhu Penyimpanan yang Berbeda. *J. Teknol dan Industri Pangan* 28(2): 91-101. DOI: [10.606/jtip.2017.28.2.91](https://doi.org/10.606/jtip.2017.28.2.91)
- Purohit SR, & Rao PS. (2017). Modelling And Analysis of Moisture Sorption Isotherm of Raw and Pre-Gelatinized Rice Flour and Its Crystalline Status Prediction. *Food Analytic Method* 10: 1914-1921. DOI: [10.1007/s12161-016-0745-6](https://doi.org/10.1007/s12161-016-0745-6).
- Sahin S, & Sumnu S.G. (2006). *Water Activity and Sorption Properties of Foods, In Physical Properties of Foods*. New York: Springer Science+Business Media.
- Sahu, J.K., & Das, H. (2010). Moisture sorption isotherm, properties of sorbed water and heat of sorption of sandeshan indian milk product. *Food Process Preservation* 34: 152–166. DOI: [10.1111/j.1745-4549.2009.00461.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2009.00461.x).
- Sembiring, B.S., & Hidayat. T. (2012). Perubahan mutu lada hijau kering selama penyimpanan pada tiga macam kemasan dan tingkat suhu. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 18(3): 115-124.
- Tongdang, T., Meenun, M., & Chainui, J. (2008). Effect of sago starch addition and steaming time on making cassava cracker (keropok). *Starch/ Stärke* 60: 568-576. DOI: [10.1002/star.200800213](https://doi.org/10.1002/star.200800213).
- Taewee, T.K. (2011). Cracker “keropok”: A review on factors influencing expansion. *International Food Research Journal* 18: 855-866.
- Ugwuanyi, J.O. (2008). Moisture sorption isotherm and xerophilic moulds associated with dried cocoyam chips in storage in Nigeria. *International of Journal Food Science* *Technology* 43: 846–852. DOI: [10.1111/j.1365-2621.2007.01525.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01525.x).
- van der Sman & Broeze. (2013). Structuring of indirectly expanded snacks based on potato ingredients – a review. *Journal of Food Engeneering* 114: 413-425. DOI: [10.1016/j.jfoodeng.2012.09.001](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.09.001).
- Wijaya, M.A.S., Suter, K., & Yusa, N.M. (2014). Karakteristik isotermis air dan umur simpan ledok instan. *AgriTech* 34(1): 29 – 35.