

**"Tema: 3 (Pangan, Gizi dan Kesehatan)**

**PENDUGAAN UMUR SIMPAN GULA KELAPA KRISTAL MENGGUNAKAN  
METODE AKSELERASI BERDASARKAN PENDEKATAN KADAR AIR KRITIS**

Abdul Mukhlis Ritonga, Masrukhi, Ipung  
Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman  
[mukhlis.abdul@yahoo.com](mailto:mukhlis.abdul@yahoo.com)

**ABSTRAK**

Keterangan umur simpan (masa kadaluarsa) produk pangan merupakan salah satu informasi yang wajib dicantumkan oleh produsen pada label kemasan produk pangan. Penentuan umur simpan produk pangan dapat dilakukan dengan menyimpan produk pada kondisi penyimpanan yang sebenarnya. Cara ini menghasilkan hasil yang paling tepat, namun memerlukan waktu yang lama dan biaya yang besar. Metode pendugaan umur simpan dapat dilakukan dengan metode *Accelerated Shelf-life Testing* (ASLT), yaitu dengan cara menyimpan produk pangan pada lingkungan yang menyebabkannya cepat rusak, baik pada kondisi suhu atau kelembaban ruang penyimpanan yang lebih tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) untuk menduga umur simpan gula merah dengan dua jenis bahan kemasan yang berbeda dan menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing*) (2) untuk memberikan jaminan mutu mengenai keamanan gula merah. Variabel yang diamati pada penelitian ini meliputi : kadar air awal produk ( $M_o$ , g  $H_2O$ /g padatan), kadar air kesetimbangan produk ( $M_e$ , g  $H_2O$ /g padatan), kemiringan/slope kurva sorpsi isoteremis ( $b$ ), kadar air kritis ( $M_c$ , g  $H_2O$ /g padatan), konstanta permeabilitas uap air kemasan ( $k/x$ , g/m<sup>2</sup>.hari.mmHg), luas permukaan kemasan ( $A$ , m<sup>2</sup>), berat kering produk dalam kemasan ( $W_s$ , g padatan), tekanan uap air jenuh ( $P_o$ , mmHg). Hasil penelitian menunjukkan bahwa umur simpan gula kelapa kirstal yang dikemas menggunakan alumnium foil adalah 11 bulan, sedangkan yang dikemas dengan Plastik PE adalah 18 bulan.

**Kata Kunci:** gula kelapa kristal, umur simpan, metode aslt, alumanium foil, polietilen.

**ABSTRACT**

Information on shelf-life (expiration period) of food products is one of the information that must be included by producers on food product packaging labels. Determining the shelf life of food products can be done by storing the product in actual storage conditions. This method produces the most appropriate results, but requires a long time and a large cost. Estimating method of shelf life can be done using the Accelerated Shelf-life Testing (ASLT) method, which is by storing food products in an environment that causes them to break down quickly, both at higher temperature or humidity conditions. The purpose of this study are (1) to estimate the shelf life of brown sugar with two different types of packaging materials and use the Accelerated Shelf Life Testing method (ASLT) ,(2) to provide quality assurance regarding the safety of brown sugar. The variables observed in this study are: the initial moisture content of the product ( $M_o$ , g  $H_2O$  / g solids), the product equilibrium moisture content ( $M_e$ , g  $H_2O$  / g solids ), slope / slope of the isothermic sorption curve ( $b$ ), critical water content ( $M_c$ , g  $H_2O$  / g solids), vapor permeability constant of bottled wate ( $k/x$ , g/m<sup>2</sup>.day.mmHg), area packaging surface ( $A$ , m<sup>2</sup>), dry weight of packaged products ( $W_s$ , g solids), saturated water vapor pressure ( $P_o$ , mmHg). The results showed crystal coconut sugar using aluminum foil packaging had shelf life of 11 moths and crystal coconut sugar using polyethylene packaging had shelf life of 18 months.

**Keywords:** crystal coconut sugar, shelf life, aslt method, aluminum foil, polyethylene.

## PENDAHULUAN

Umur simpan secara umum mengandung pengertian rentang waktu antara saat produk mulai dikemas atau diproduksi dengan saat mulai digunakan dengan mutu produk masih memenuhi syarat dikonsumsi (Hine, 1987). Metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) merupakan metode penentuan umur simpan produk pangan menggunakan suatu kondisi lingkungan yang dapat mempercepat terjadinya reaksi-reaksi penurunan mutu produk pangan (Arpah dan Syarief, 2000). Metode akselerasi dapat dilakukan dalam waktu relatif singkat pada kondisi ekstrim namun tetap memiliki ketepatan dan akurasi yang tepat (Arpah, 2001). Penerapan metode akselerasi perlu memperhatikan karakteristik dan penyebab kerusakan produk yang akan ditentukan umur simpannya. Metode akselerasi dapat dilakukan dengan pendekatan model arrhenius dan model kadar air kritis. Model arrhenius biasanya digunakan untuk produk yang sensitif terhadap perubahan suhu penyimpanan, sedangkan model kadar air kritis biasanya digunakan untuk produk yang mudah rusak karena penyerapan air oleh produk. Gula kelapa kristal merupakan produk yang diduga mempunyai umur simpan yang pendek. Kadar air dan akitifitas air yang tinggi akan menyebabkan gula kelapa kristal lengket dan susah dipisahkan. Kadar air gula semut yang tinggi akan memicu terjadinya penggumpalan gula (*clumping*), hal ini juga akan mengurangi kualitas fisik produk. Sehingga diantara model untuk menduga umur simpan produk pangan secara cepat adalah dengan pendekatan kadar air kritis.

Kerusakan produk pangan dapat disebabkan oleh adanya penyerapan air oleh produk selama penyimpanan. Kerusakan produk dapat diamati dari penurunan kekerasan atau kerenyahan, dan/atau peningkatan kelengketan atau penggumpalan. Laju penyerapan air oleh produk pangan selama penyimpanan dipengaruhi oleh tekanan uap air murni pada suhu udara tertentu, permeabilitas uap air dan luasan kemasan yang digunakan, kadar air awal produk, berat kering awal produk, kadar air kritis, kadar air kesetimbangan pada RH penyimpanan, dan slope kurva isotherm sorpsi air, faktor-faktor tersebut diformulasikan oleh Labuza dan Schmidl (1985) menjadi model matematika dan digunakan sebagai model untuk menduga umur simpan. Persamaan untuk menentukan umur simpan dinyatakan dengan persamaan (1) (Bell dan Labuza, 2000).

$$t \text{ (hari)} = \frac{\ln \frac{(M_e - M_o)}{(M_e - M_c)}}{\frac{k}{x} \left( \frac{A}{W_s} \right) \frac{P_o}{b}} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- T : waktu untuk mencapai kadar air kritis atau umur simpan (hari)  
Me : kadar air kesetimbangan produk (g H<sub>2</sub>O/g padatan)  
Mo : kadar air awal produk (g H<sub>2</sub>O/g padatan)  
Mc : kadar air kritis produk (g H<sub>2</sub>O/g padatan)  
k/x : konstanta permeabilitas uap air kemasan (g/m<sup>2</sup>.hari.mmHg)  
A : luas permukaan kemasan (m<sup>2</sup>)  
Ws : bobot padatan per kemasan (g)  
Po : tekanan uap jenuh (mmHg)  
B : kemiringan kurva sorpsi isotermis

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menduga umur simpan gula kelapa kristal dengan menggunakan dua jenis kemasan yang berbeda dan menggunakan metode akselerasi dengan pendekatan kadar air kritis.

## **METODE PENELITIAN**

### **Tempat dan Waktu**

Pelaksanaan penelitian di Laboratorium Teknologi Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman. Penelitian ini dimulai dari bulan April 2018 sampai Juli 2018.

### **Bahan dan Alat**

Produk gula kelapa kristal yang dikemas dengan menggunakan dua jenis kemasan yaitu PE (*Polietilen*) dan *Aluminiumfoil*. Bahan kimia yang digunakan untuk percobaan kurva isoterm sorpsi air adalah larutan garam jenuh (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaCl, KCl<sub>3</sub>, Mgcl<sub>2</sub>, dan KNO<sub>3</sub>), *silica gel*, dan akuades. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: oven, desikator kecil, *Coloreader*, neraca analitik, pencapit logam, peralatan gelas, cawan, aluminium foil, PE (*polietilen*), dan *hygrometer*.

### **Variabel Pengukuran**

Variabel yang diukur pada penelitian ini adalah:

1. Pengukuran kadar air awal (Mo)

Kadar air gula kelapa kristal sebelum disimpan diukur dengan metode oven (AOAC, 1995). Kadar air awal (Mo) dinyatakan sebagai gH<sub>2</sub>O/g padatan.

$$Ka Mo = \frac{(W1+W2)-W3}{(W3-W1)} \text{ g H}_2\text{O/g solid} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

W1 = Berat cawan kosong (g)

W2 = Berat sampel awal (g)

W3 = Berat (sampel+cawan) setelah dikeringkan (g)

## 2. Pengukuran kadar air kritis (Mc)

Kadar air kritis (Mc) adalah nilai kadar air kritis pada kondisi dimana produk pangan mulai tidak diterima oleh konsumen secara organoleptic. Penentuan kadar air kritis dilakukan dengan cara penyimpan terlebih dahulu gula kelapa kristal pada suhu kamar (30°C) di ruangan terbuka tanpa kemasan (RH 60-70%). Selama periode penyimpanan tersebut, dilakukan uji sensori oleh panelis semi terlatih (15 orang) setiap 24 jam. Pengujian dilakukan hingga dapat ditentukan saat tekstur lengket pada gula mulai hilang. Pengujian dilakukan dengan cara mengambil sedikit bagian dari gula kelapa kristal kemudian diremas menggunakan ibu jari dan telunjuk untuk mengetahui apakah gula bertekstur keras atau lembek. Skala penilaian berkisar antara 1 sampai 7, dimana skor 1 menunjukkan skala sangat tidak kering dan skor 7 skala sangat lengket. Pada setiap periode pengujian sensori dilakukan pengukuran kadar air dengan metode oven (Sudarmadji *et al.*, 1997).

Data kadar air dan nilai kerenyahan secara obyektif untuk masing- masing sampel pada setiap periode pengamatan diplotkan dengan skor kekeringan yang bersesuaian, sehingga diperoleh grafik hubungan antara skor kekeringan dengan kadar air. Berdasarkan regresi linear yang diperoleh maka kadar air kritis dihitung pada saat skor kekeringan panelis bernilai 3 (skala agak tidak kering). Kadar air kritis dinyatakan dalam g H<sub>2</sub>O/g padatan.

## 3. Penentuan kadar air kesetimbangan (Me)

Pembuatan kurva isoterm sorpsi air gula kelapa kristal diawali dengan membuat larutan garam jenuh yang digunakan untuk mengatur kelembaban relatof (RH) desikator. Garam yang digunakan adalah MgCl<sub>2</sub>, NaBr, NaCl, KCl, dan KNO yang memberikan nilai aktivitas air 0,324-0,923 atau RH lingkungan RH berkisar 32,4-92,3% (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai aktivitas air untuk larutan garam jenuh pada suhu 30°C

Jenis larutan garam	Aktivitas air ( $A_w$ )	Kelembaban relatif (%)
MgCl <sub>2</sub>	0,324	32,4
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,432	43,2
NaCl	0,749	74,9
KCl	0,836	83,6
KNO <sub>3</sub>	0,923	92,3

Sumber: Bell and Labuza (2000)

Larutan garam jenuh yang digunakan sebanyak 100 ml dan dimasukkan ke dalam desikator modifikasi toples. Sampel gula kelapa kristal sebanyak 2-5 g dimasukkan dalam cawan keramik yang telah diketahui beratnya. Cawan berisi sampel tersebut dimasukkan ke dalam desikator modifikasi toples yang berisi larutan garam jenuh, dengan posisi dari bawah ke atas berturut-turut yaitu larutan garam, penyangga, dan cawan beserta isinya, serta terdapat jarak antara larutan garam dan penyangga. Desikator disimpan pada suhu ruang dan sampel ditimbang secara periodik tiap 24 jam hingga mencapai bobot yang setimbang atau berjamur. Bobot yang setimbang ditandai dengan selisih 3 penimbangan berturut-turut  $\leq 2$  mg untuk RH di bawah 90% dan  $\leq 10$  mg untuk RH di atas 90%. Sampel yang telah mencapai berat konstan kemudian diukur kadar airnya dengan metode oven (Sudarmadji *et al.*, 1997) dan dinyatakan dalam g H<sub>2</sub>O/g padatan.

#### 4. Penentuan kurva dan model persamaan sorpsi isotermis.

Penentuan kurva sorpsi isotermis dibuat dengan cara memplotkan kadar air kesetimbangan hasil percobaan dengan nilai kelembaban relatif (RH) atau aktifitas air ( $a_w$ ) dan dimasukkan dalam model persamaan sorpsi isotermis. Model yang dipake yaitu: model Guggenheim- Anderson-de Boer (GAB), Hasley, Handerson, Caurie, Oswin dan Chen Clayton (Bell dan Labuza, 2000).

#### 5. Uji ketepatan model (Walpole, 1990)

Uji ketepatan persamaan sorpsi isotermis dilakukan untuk mengetahui ketepatan dari beberapa model persamaan sorpsi isotermis yang terpilih sehingga memperoleh kurva

sorpsi isothermis dengan menggunakan perhitungan *Mean Relative Determination* (MRD) (Walpole, 1990).

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

Keterangan:

$M_i$  = Kadar air percobaan

$M_{pi}$  = Kadar air hasil perhitungan

$n$  = Jumlah data

Nilai MRD <5 maka model sorpsi isothermis tersebut dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya atau sangat tepat. Jika  $5 < MRD < 10$  maka model tersebut agak tepat menggambarkan keadaan sebenarnya dan jika  $MRD > 10$  maka model tersebut tidak tepat menggambarkan kondisi sebenarnya.

6. Penentuan nilai slope (b) kurva sorpsi isothermis (Labuza, 1982)

Nilai slope (b) kurva sorpsi isothermis ditentukan pada daerah linear (Arpah 2001). Daerah linear tersebut diambil antara daerah kadar air awal dan kadar air kritis (Labuza 1982). Titik-titik hubungan antara aktifitas air dan kadar air kesetimbangan memiliki persamaan linier  $y = a+bx$ . Nilai b persamaan tersebut merupakan slope kurva sorpsi isothermis. Nilai b ditentukan dari model persamaan terpilih (kemiringan kurva sorpsi isothermis yang diasumsikan linier antara  $M_o$  dan  $M_c$ ) untuk dimasukkan dalam rumus umur simpan Labuza.

7. Penentuan permeabilitas kemasan

Penentuan permeabilitas kemasan dilakukan dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$k/x = \frac{WVTR}{(P_o)(RH)} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

$k/x$  = konstanta permeabilitas uap air kemasan ( $g/m^2.hari.mmHg$ )

$WVTR$  = laju perpindahan uap air yang melalui kemasan ( $g/m^2/hari/RH$ )

$P_o$  = tekanan uap air di lingkungan ( $mmHg$ )

Nilai WVTR ditentukan dengan memasukan sampel gula kelapa kristal kedalam cawan kemudian permukaan atas cawan ditutup dengan menggunakan plastik polietilen

(PE) kemudian diikat menggunakan karet hingga tidak ada udara yang masuk. Pengamatan dilakukan tiap hari dengan cara menimbanginya sampai mendapatkan lima titik kemudian dibuat grafik. Hasil pengamatan dibuat grafik dan tabel kemudian dicari nilai WVTR.

#### 8. Penentuan bobot padatan per kemasan (Ws) dan luas kemasan (A)

Bobot produk awal (Wo) dalam satu kemasan ditimbang dan dikoreksi kadar air awalnya (Mo) yang merupakan berat padatan per kemasan (Ws). Luas kemasan (A) yang diukur adalah luas total dari kedua muka dari kemasan primer yang digunakan untuk mengemas gula kelapa kristal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

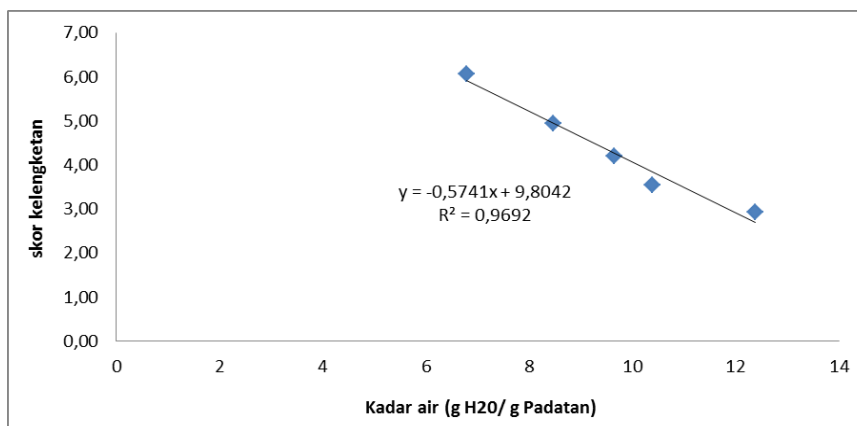
### A. Kadar air awal dan kadar air kritis

Kadar air awal (Mo) gula kelapa kristal merupakan data yang penting yang perlu diketahui dalam pendugaan umur simpan model kadar air kritis. Kadar air awal gula kelapa kristal adalah 0,06 g H<sub>2</sub>O/g padatan. Berdasarkan kadar air tersebut berat padatan perkemasan untuk gula kelapa kristal kemasan alumunium foil adalah 169,5g sedangkan kemasan Polietilen adalah 141,84g. Kadar air kritis juga perlu diketahui sebagai batas penerimaan produk. Kadar air kritis ditentukan berdasarkan atribut sensori yang terpenting dari gula kelapa kristal, yaitu pada saat hilangnya tekstur keringan. Tabel 2 menyajikan data perubahan kadar air dan skor kekeringan selama periode pengamatan untuk gula kelapa kristal.

Tabel 2. Perubahan skor kelengketan dan kadar air gula kelapa kristal.

Waktu (Hari)	Skor Kelengketan	Kadar Air (g H <sub>2</sub> O/g Padatan)
0	6,07	6,78
1	4,93	8,45
2	4,20	9,65
3	3,53	10,38
4	2,93	12,38

Rentang skor kelengketan: (1) sangat tidak lengket – (7) sangat lengket



Gambar 1. Hubungan skor kelengketan dengan kadar air gula kelapa kristal.

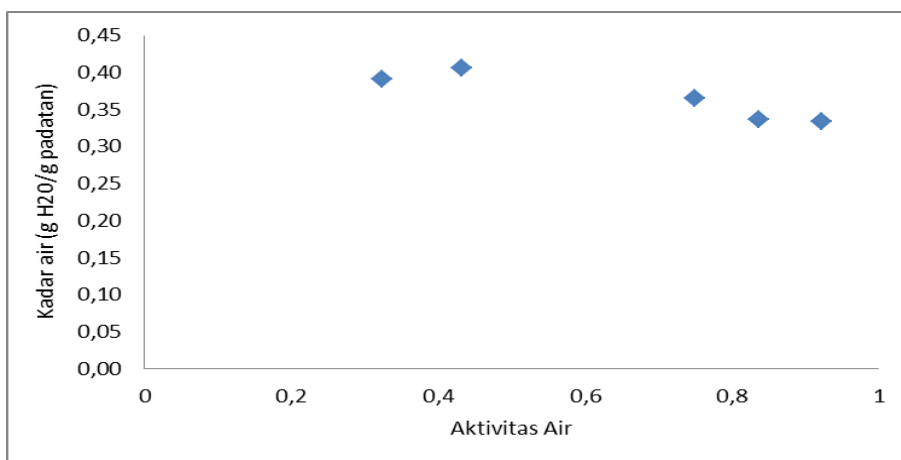
Data tersebut diplotkan dalam bentuk grafik hubungan antara kadar air (sumbu x) dengan rata-rata skor kekeringan (sumbu y) (gambar 1). Persamaan yang diperoleh untuk gula kelapa kristal adalah  $y = -0,5741x + 9,8042$  dengan nilai  $R = 0,9692$ . Berdasarkan persamaan regresi tersebut, diperoleh nilai kadar air kritis ( $M_c$ ) untuk gula kelapa kristal adalah  $0,0823 \text{ g H}_2\text{O/g padatan}$ .

## B. Kurva isoterm sorpsi air

Pengukuran kadar air kesetimbangan ( $M_e$ ) pada berbagai RH garam dilakukan untuk mendapatkan kurva isoterm sorpsi air. Selama penyimpanan, gula kelapa kristal menunjukkan kenaikan bobot. Hal ini menunjukkan bahwa gula mengalami proses adsorpsi uap air dari lingkungan karena  $a_w$  lebih rendah dari RH lingkungannya.

Selama penyimpanan dalam berbagai kondisi RH terjadi interaksi antara produk dengan lingkungannya. Uap air berpindah dari lingkungan produk sampai tercapai kondisi kesetimbangan. Perpindahan uap air ini terjadi sebagai akibat perbedaan RH lingkungan dan produk, dimana uap air berpindah dari RH tinggi ke RH rendah. Tercapainya kondisi kesetimbangan antara contoh dan lingkungan ditandai oleh bobot yang konstan. Peningkatan atau penurunan bobot contoh selama penyimpanan menunjukkan fenomena hidratisasi (deMan, 1989). Kadar air kesetimbangan yang diperoleh dari percobaan tersebut diplotkan dengan nilai  $a_w$  atau RH lingkungannya, sehingga diperoleh kurva isoterm sorpsi air (gambar 3). Kurva tersebut memiliki bentuk yang menyerupai huruf S (sigmoid), namun tidak sempurna. Untuk memperoleh kurva yang mulus, maka data kadar air kesetimbangan pada  $a_w$  tertentu dimasukkan ke dalam (6) model (tabel 3 untuk gula kelapa kristal).





Gambar 2. Kurva sorpsi isotermis gula kelapa kristal.

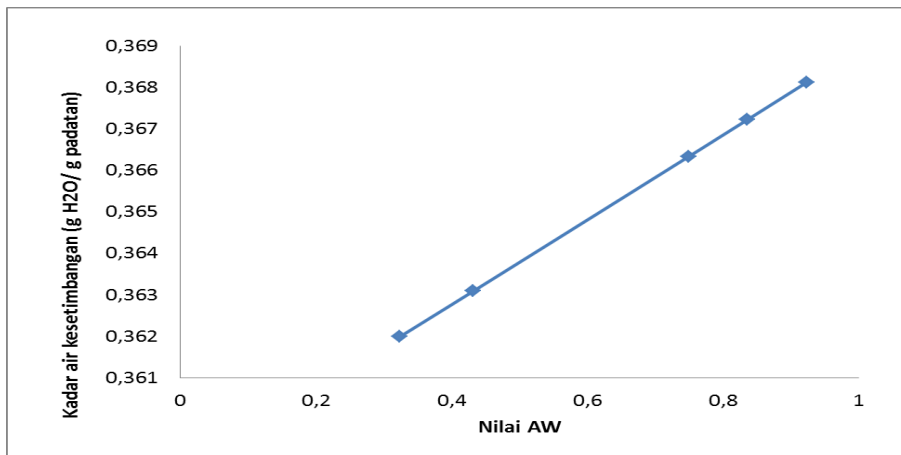
Tabel 3. Model persamaan kurva sorpsi isotermis gula kelapa kristal

Model	Persamaan	MRD
Hasley	$\log[\ln(1/aw)] = -1,7218-2,8369 \log Me$	30,06
Chen clayton	$\ln[\ln(1/aw)] = 1,8689-8,1234 Me$	28,14
Henderson	$\log[\ln(1/(1-aw))] = 0,4366+0,9288 \log Me$	73,50
Caurie	$\ln Me = -1,0252+0,028 aw$	7,03
Oswin	$\ln Me = -1,1071-0,0122 \ln[aw/(1-aw)]$	8,79
GAB	$Me = -4,0877Aw/(1-0,1898Aw)(1-0,1898Aw-8,8938*0,1898Aw)$	443,04

Tabel di atas menunjukkan nilai MRD yang diperoleh dari masing-masing persamaan. Model persamaan yang dapat menggambarkan kurva sorpsi isotermis yang paling tepat untuk gula kelapa kristal adalah model caurie yaitu 7,03. Meskipun nilai MRD tersebut lebih dari 5 akan tetapi model ini menggambarkan kurva sorpsi isotermis yang tepat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tarigan *et al.* (2006) bahwa semakin kecil nilai MRD maka semakin tepat pula model tersebut dalam menggambarkan fenomena sorpsi isotermis yang terjadi.

Nilai kemiringan kurva isoterm sorpsi air ditentukan pada daerah linier dari kurva isoterm sorpsi air (Arpah, 2001). Menurut Labuza (1982), daerah linier untuk menentukan kemiringan (*slope*) kurva sorpsi isotermis diambil pada daerah yang melewati  $M_0$  (kadar air awal) pada model kurva isoterm sorpsi air. Berdasarkan grafik kurva isoterm sorpsi air

(gambar 3), maka nilai kemiringan kurva isoterm sorpsi air (b) untuk gula kelapa kristal adalah 0,0102.



Gambar 3. Penentuan slope kurva sorpsi isotermis model caurie gula kelapa kristal

### C. Permeabilitas uap air dan Luasan kemasan

Permeabilitas uap air kemasan ( $k/x$ ) adalah kecepatan atau laju transmisi uap air melalui suatu unit luasan bahan yang permukaannya rata dengan ketebalan tertentu sebagai akibat perbedaan unit tekanan uap air antara permukaan produk pada kondisi suhu dan RH tertentu. Nilai permeabilitas kemasan ( $k/x$ ) dihitung dengan membagi nilai WVTR (*Water Vapour Transmission Rate*) dengan hasil perkalian tekanan uap air murni ( $P_0$ ) pada suhu pengujian dengan nilai RH. Jenis kemasan yang digunakan adalah jenis plastik polietilen (PE) dan aluminium foil (AF). Berikut adalah nilai  $k/x$  untuk 2 jenis kemasan yaitu 0,0004 g/m<sup>2</sup>.hari.mmHg untuk kemasan aluminium foil dan 0,0002 g/m<sup>2</sup>.hari.mmHg untuk kemasan polietilen. Luas kemasan yang dihitung adalah luasan total dari kedua muka dari kemasan yang digunakan untuk mengemas gula merah. Luas kemasan aluminium foil adalah 0,0348m<sup>2</sup> dan luas kemasan polietilen yang diperoleh adalah 0,0365m<sup>2</sup>.

### D. Penentuan umur simpan gula kelapa kristal

#### 1. Jenis Kemasan Polyetilen

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Kadar air kesetimbangan	Me	0,3653	g/H <sub>2</sub> O/g padatan
Kadar air awal produk	Mo	0,0579	g/H <sub>2</sub> O/g padatan
Kadar air kritis	Mc	0,0824	g/H <sub>2</sub> O/g padatan

Kemiringan/Slope	b	0,0102	
Konstanta Permeabilitas Kemasan	k/x	0,0002	g/m <sup>2</sup> .hari.mmHg
Luas Permukaan Kemasan	A	0,0368	M <sup>2</sup>
Berat Kering Produk dlm Kemasan	Ws	141,844	g padatan
Tekanan Uap Jenuh	Po	30,3398	mmHg
Waktu Perkiraan Umur Simpan	t	537,661	hari
		17,922	Bulan

## 2. Jenis Kemasan Aluminium Foil

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Kadar air kesetimbangan	Me	0,3653	g/H <sub>2</sub> O/g padatan
Kadar air awal produk	Mo	0,0579	g/H <sub>2</sub> O/g padatan
Kadar air kritis	Mc	0,0824	g/H <sub>2</sub> O/g padatan
Kemiringan/Slope	b	0,0102	
Konstanta Permeabilitas Kemasan	k/x	0,0004	g/m <sup>2</sup> .hari.mmHg
Luas Permukaan Kemasan	A	0,0348	M <sup>2</sup>
Berat Kering Produk dlm Kemasan	Ws	169,500	g padatan
Tekanan Uap Jenuh	Po	30,3398	mmHg
Waktu Perkiraan Umur Simpan	t	340,154	hari
		11,338	Bulan

## KESIMPULAN

Awal kerusakan gula kelapa kristas ditandai dengan mulai tidak diterimanya gula oleh konsumen karena kelengketannya yang tercapai pada kadar air kritis 0,0824 g H<sub>2</sub>O/g padatan. Berdasarkan pendekatan kadar air kritis, maka diketahui bahwa umur simpan gula kelapa kristal yang disimpan pada RH 60% dan dikemas menggunakan polyetilen adalah 18 bulan sedangkan yang dikemas menggunakan aluminium foil selama 11 bulan. Jadi yang cocok untuk kemasan gula kristal yang baik pada penelitian ini adalah Polietilen.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada LPPM Unsoed atas dukungan dana dalam Penelitian Skim Penelitian Dosen Pemula Tahun 2018 ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. Washington: Association of Official Analytical Chemists
- Arpah, M. 2001. *Buku dan Monograf Penentuan Kadaluwarsa Produk Pangan*. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Bell, L.N. and T.P. Labuza. 2000. *Moisture Sorption Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use*. 2nd ed. The American Association of Cereal Chemist, Inc.
- deMan, M. J. 1989. *Kimia Makanan*. Penerjemah : K. Padmawinata. ITB-Press, Bandung
- Labuza, T.P. dan M.K. Schmidl. (1985). *Accelerated shelf life testing of foods*. Food Technol. 39(9): 57-62, 64, 134
- Sudarmadji, S., B. Haryono, dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty. Yogyakarta.
- Syarief, R, S. Santausa dan B.ST. Isyana. 1989. *Teknologi Pengemasan Pangan*. Laboratorium Rekayasa Pangan. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor.
- Walpole, R.E, 1990, *Pengantar Statistika*, Edisi ketiga, Terjemahan Gramedia Pustaka Utama, Jakarta