

## Pendugaan Umur Simpan Bubuk Kakao dengan Pendekatan Sorpsi Isotermis

*Shelf life prediction of cacao powder using isothermic sorption approach*

Rokhani Hasbullah<sup>1\*</sup>, Nadya Fazira Islah Mahdania<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Jalan Lingkar Akademik, Kampus IPB Dramaga, Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor, Jawa Barat 16002, Indonesia

\*Email korespondensi: rokhani@apps.ipb.ac.id

### Info Artikel

*Diajukan: 17 Juli 2023*

*Diterima: 29 November 2023*

#### Keyword:

cocoa powder; Hasley model; isothermic sorption; packaging; shelf life

#### Kata Kunci:

bubuk kakao; model Hasley; pengemasan; sorpsi isothermis; umur simpan

### Abstract

The purpose of this research was to determine the isothermic absorption curve model in cocoa powder products and to estimate the shelf life of cocoa powder in packaging standing pouch aluminum foil and kraft with isothermic sorption approach. This research began with the manufacture of cocoa powder, determining the moisture content of cocoa powder at various storage relative humidity (RH) and estimating the shelf life of cocoa powder on the packaging standing pouch aluminum foil and kraft with isothermic sorption approach. Cocoa powder was obtained by grinding using a cocoa powder machine and sifting it using a Tyler sieve with a mesh size of 60. The equilibrium moisture content (KAK) of cocoa powder was obtained by storing cocoa powder at various relative humidity (RH) using saturated salt solutions of MgCl<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaNO<sub>2</sub>, NaCl and KCl. The isothermic sorption model was obtained by plotting the KAK with water activity ( $a_w$ ) value (RH/100). The results showed that the Hasley model was the most appropriate model to describe the isothermic sorption phenomenon of cocoa powder with the smallest Mean Relative Determination (MRD) value of 2.007, which was the most appropriate model to describe the isothermic sorption phenomenon of cocoa powder. The shelf life of cocoa powder stored in aluminum foil standing pouch packaging at a temperature of 30 °C and relative humidity (RH) 75% and 80% were 665 days and 514 days, respectively. Whereas with kraft standing pouch packaging for 293 days and 227 days.

### Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan model kurva sorpsi isothermis bubuk kakao dan menduga umur simpan bubuk kakao pada kemasan standing pouch aluminium foil dan kraft dengan pendekatan sorpsi isothermis. Penelitian ini diawali dengan pembuatan bubuk kakao, penentuan kadar air bubuk kakao pada berbagai kelembaban relatif (RH) penyimpanan dan pendugaan umur simpan bubuk kakao pada kemasan standing pouch aluminium foil dan kraft dengan pendekatan sorpsi isothermis. Bubuk kakao diperoleh dengan cara menggiling menggunakan mesin pembubuk kakao dan mengayaknya menggunakan ayakan Tyler dengan ukuran mesh 60. Kadar air kesetimbangan (KAK) bubuk kakao diperoleh dengan menyimpan bubuk kakao pada berbagai kelembaban relative (RH) menggunakan larutan garam jenuh MgCl<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaNO<sub>2</sub>, NaCl dan KCl. Model sorpsi isothermis diperoleh dengan memplotkan KAK dengan nilai aktivitas air ( $a_w$ ) (RH/100). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model Hasley merupakan model paling tepat untuk menggambarkan fenomena sorpsi isothermis bubuk kakao dengan nilai Mean Relative Determination (MRD) paling kecil yaitu 2.007. Umur simpan bubuk kakao yang simpan dengan kemasan standing pouch aluminium foil pada penyimpanan suhu 30 °C dan kelembaban relatif (RH) 75% dan 80% berturut-turut adalah 665 hari dan 514 hari. Sedangkan dengan kemasan standing pouch kraft selama 293 hari dan 227 hari.

Doi: <https://doi.org/10.19028/jtep.011.3.294-306>

## 1. Pendahuluan

Bubuk kakao merupakan produk dari buah kakao yang diperoleh dengan cara pengeringan dan penumbukan bungkil kakao hingga menjadi tepung berwarna coklat. Bubuk kakao banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku pada industri makanan dan minuman. Pada umumnya, bubuk kakao yang tidak terjual akan disimpan lebih lama oleh produsen di gudang penyimpanan maupun rak-rak penyimpanan. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan kualitas mutu produk apabila penyimpanan yang dilakukan kurang tepat. Bubuk kakao memiliki karakteristik mudah menyerap air atau bersifat higroskopis. Menurut SNI 3747-2013 tentang bubuk kakao, menyebutkan bahwa kadar air bubuk kakao maksimal sebesar 5% sehingga pada proses penyimpanannya harus dilakukan secara tepat untuk mencegah terjadinya kerusakan produk jika disimpan lebih lama. Penyimpanan bubuk kakao harus menggunakan kemasan yang memiliki kemampuan untuk menahan uap air yang masuk. Selain itu, kemasan yang digunakan juga diharapkan mampu mencegah gas dan cahaya yang masuk guna mempertahankan umur simpan pada bubuk kakao. Selama proses penyimpanan, dapat terjadi penyerapan uap air dari udara yang melewati kemasan produk sehingga menyebabkan kadar air produk dalam kemasan meningkat yang berakibat terjadinya gumpalan pada bubuk kakao dan perubahan warna bubuk kakao di dalam kemasan.

Produk pangan yang memiliki kadar air dan aktivitas air ( $a_w$ ) yang rendah akan menyebabkan tekstur produk pangan menjadi renyah dan umur simpan yang panjang (Alfiyani et al., 2019). Pencantuman informasi umur simpan pada kemasan produk pangan sangat penting guna memberikan informasi jaminan keamanan dan mutu kepada konsumen. Pengujian umur simpan perlu dilakukan untuk mengetahui berapa lama produk dapat bertahan pada kualitas yang sama selama proses penyimpanan (Asiah et al., 2018). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menduga umur simpan adalah dengan metode *Accelerated Shelf-life Testing* (ASLT). Metode ini memiliki keunggulan yaitu mampu menduga umur simpan dalam waktu yang relatif singkat tanpa harus menunggu kerusakan pada produk. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah pendekatan kadar air kritis atau sorpsi isothermis dengan menggunakan persamaan Labuza (Labuza, 1982).

Beberapa penelitian telah dilakukan menggunakan pendekatan kadar air kritis atau sorpsi isothermis pada produk kering yaitu tepung bumbu gorengan yang disimpan di dalam kemasan aluminium foil dan *polypropylene* (Mattjik, 2021). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemasan aluminium foil memiliki umur simpan yang lebih lama yaitu 640 hari atau 21 bulan pada RH 78% dibandingkan dengan kemasan *polypropylene*. Pendekatan dengan sorpsi isothermis digunakan pada penelitian ini karena bubuk kakao termasuk ke dalam produk kering yang rentan mengalami kerusakan akibat masuknya uap air selama proses penyimpanan. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan model kurva sorpsi isothermis pada produk bubuk kakao dan menduga umur simpan

bubuk kakao pada kemasan *standing pouch aluminium foil* dan *kraft* dengan pendekatan sorpsi isothermis.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Bahan

Bahan yang digunakan adalah biji kakao kering jenis forastero yang diperoleh dari petani di Jampang Tengah, Sukabumi. Biji kakao berukuran rata-rata 22.4 mm untuk dimensi mayor, 13.2 mm untuk dimensi *intermediate* dan 7.1 mm untuk dimensi minor dengan berat rata-rata 1 g dan kadar air 7%. Bahan lain adalah kemasan *standing pouch aluminium foil* dan *kraft*, silika gel, aquades, garam  $MgCl_2$ ,  $K_2CO_3$ ,  $NaNO_2$ ,  $NaCl$ , dan  $KCl$ .

Alat yang digunakan adalah mesin sangrai kakao, *cocoa dish huller machine*, *cocoa past grinder machine*, *cocoa paste hydrolic press machine*, mesin pembubuk kakao, ayakan *tyler 60 mesh*, *sealer*, *oven*, desikator, timbangan analitik, cawan aluminium foil, stoples modifikasi, dan *hygrometer*.

### 2.2 Prosedur Kerja

Penelitian terdiri dari dua tahap yaitu penentuan model kurva sorpsi isothermis dengan menyimpan bubuk kakao pada berbagai RH dan pendugaan umur simpan bubuk kakao pada kemasan *standing pouch aluminium foil* dan *kraft* dengan pendekatan sorpsi isothermis. Penelitian diawali dengan pembuatan bubuk kakao sebagai bahan penelitian utama. Biji kakao kering dengan kadar air rata-rata 7% disangrai terlebih dahulu dengan tujuan mengurangi kadar air yang terdapat pada biji kakao dan ikut berperan dalam pembentukan cita rasa dan aroma kakao. Kemudian dihuller untuk memisahkan kulit ari dari permukaan biji kakao, menghancurkan dan menggiling biji kakao menjadi *cocoa nibs*. *Cocoa nibs* diubah bentuknya menjadi pasta menggunakan mesin pemasta kakao. Lalu pasta kakao dimasukkan ke mesin pengepress hidrolik untuk memisahkan 2 komponen pada 1 bahan, yaitu lemak kakao dan bungkil kakao. Selanjutnya, bungkil kakao yang sudah terpisah dari lemak kakao digiling menggunakan mesin pembubuk kakao. Setelah itu, bubuk kakao diayak menggunakan ayakan *Tyler* dengan ukuran mesh 60. Bubuk kakao hasil pengayakan kemudian ditampung dan dikemas dalam kemasan *standing pouch aluminium foil* dan *kraft* untuk digunakan sebagai bahan percobaan.

#### 2.2.1 Penentuan model kurva sorpsi isothermis

Penentuan kurva sorpsi isothermis dilakukan menggunakan 5 larutan garam jenuh yaitu  $MgCl_2$ ,  $K_2CO_3$ ,  $NaNO_2$ ,  $NaCl$ , dan  $KCl$ . Pembuatan larutan garam jenuh dilakukan dengan melarutkan garam-garam tersebut ke dalam aquades hingga jenuh. Bubuk kakao sebanyak 5 gram diletakkan pada cawan, kemudian disimpan dalam *chamber* yang sudah berisi larutan garam jenuh dan ditutup rapat. Bobot sampel ditimbang secara berkala tiap 24 jam sampai diperoleh bobot yang konstan. Berat sampel dikatakan konstan jika selisih berat selama tiga kali penimbangan berturut-turut tidak lebih dari 2 mg/g untuk sampel yang disimpan pada RH kurang dari 90% dan tidak lebih dari 10 mg/g

untuk sampel yang disimpan pada RH diatas 90% (Adawiyah, 2006). Sampel yang telah mencapai bobot konstan kemudian diukur kadar air (%bk). Lalu, kurva isotermis dapat dibuat dengan memplotkan kadar air kesetimbangan dan aktivitas air atau RH desikator masing-masing.

#### Penentuan kadar air awal

Penentuan kadar air menggunakan 5 gram bubuk kakao yang diletakkan pada wadah cawan aluminium (BK). Setelah itu, cawan aluminium dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105 °C selama 6 jam. Selanjutnya, cawan aluminium dikeluarkan dari oven dan didinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang (BW). Perhitungan kadar air sampel dapat dihitung menggunakan **Persamaan 1**.

$$KA_{bk} = \frac{BK - (BW - BN)}{(BW - BN)} \times 100\% \tag{1}$$

#### Penentuan kadar air kritis

Bubuk kakao disimpan pada suhu dan RH ruang selama 15 hari dan setiap 3 hari sekali dilakukan uji organoleptik dan pengukuran kadar air. Pengujian melibatkan 30 orang panelis tidak terlatih. Parameter organoleptik yang diujikan berupa warna, aroma dan tekstur dengan masing-masing memiliki 5 tingkat penilaian yaitu (1) sangat tidak suka, (2) tidak suka, (3) netral, (4) suka, dan (5) sangat suka. Pengujian dihentikan apabila panelis telah melakukan penolakan terhadap sampel yang diujikan.

#### Penentuan model persamaan sorpsi isotermis

Model persamaan diujikan pada data kadar air kesetimbangan agar memperoleh pola kurva terbaik. Model persamaan yang digunakan adalah model Oswin, Henderson, Caurie, Chen-Clayton dan Hasley. Model tersebut diubah terlebih dahulu menjadi persamaan dalam bentuk linier (Kurniawan et al., 2021) seperti pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Model persamaan dan rumus liniernya

Model	Persamaan	Persamaan linier
Caurie	$\ln M_e = \ln P_1 - P_2 \times a_w$	$\ln M_e = \ln P_1 - P_2 \times a_w$
Hasley	$a_w = \exp \left[ \frac{-P_1}{(M_e)^{P_2}} \right]$	$\text{Log} \left( \ln \left( \frac{1}{a_w} \right) \right) = \log P_1 - P_2 \log M_e$
Chen-Clayton	$a_w = \exp \left[ \frac{-P_1}{\exp \exp (P_2 \times M_e)} \right]$	$\ln \left( \ln \left( \frac{1}{a_w} \right) \right) = \ln P_1 - P_2 \times M_e$
Oswin	$M_e = P_1 \left[ \frac{a_w}{(1-a_w)} \right]^{P_2}$	$\ln M_e = \ln P_1 + P_2 \ln \left( \frac{a_w}{(1-a_w)} \right)$
Handerson	$1 - a_w = \exp (-K m_e^n)$	$\log \left( \ln \left( \frac{1}{a_w} \right) \right) = \log K + n \log M_e$

Keterangan:  $M_e$  = kadar air kesetimbangan (g H<sub>2</sub>O/g padatan),  $a_w$  = aktivitas air, K dan n = konstanta,  $P_1$  dan  $P_2$  = konstanta

### 2.2.2 Penentuan umur simpan

Penentuan umur simpan produk, diawali dengan penentuan permeabilitas uap air kemasan. Kemasan diukur luasnya lalu sebanyak 2 gram silika gel dimasukkan ke dalam kemasan dan ditutup rapat. Kemudian diletakkan di dalam desikator yang berisi larutan garam jenuh  $K_2SO_4$  dengan RH 97%. Sebelumnya, silika gel dikeringkan dalam oven bersuhu  $105\text{ }^\circ\text{C}$  selama 3 jam, lalu didinginkan dalam desikator selama 15 menit. Laju transmisi uap air (*Water Vapor Transmission Rate, WVTR*) dihitung menggunakan **Persamaan 2**. Nilai permeabilitas kemasan dihitung menggunakan **Persamaan 3** (Kosasih, 2018).

$$WVTR = \frac{\text{slope}}{\text{luas kemasan}} \quad (2)$$

Dimana : *Slope* = kemiringan pada kurva perubahan bobot kemasan selama penyimpanan,  $WVTR = \text{g/m}^2 \cdot \text{hari}$

$$\frac{k}{x} = \frac{WVTR}{P_o \times RH} \quad (3)$$

Dimana :  $P_o$  = tekanan uap air jenuh (mmHg), RH = kelembaban relatif (%).

Pendugaan umur simpan bubuk kakao dengan pendekatan sorpsi isotermis dapat dihitung menggunakan persamaan Labuza seperti pada **Persamaan 4**.

$$t = \left( \frac{\ln \left( \frac{M_e - M_o}{M_e - M_c} \right)}{\frac{k}{x} \cdot \frac{A}{W_s} \cdot \frac{P_o}{b}} \right) \quad (4)$$

Keterangan :  $t$  = umur simpan produk (hari),  $M_o$  = kadar air awal produk (g  $H_2O$ /g padatan),  $M_e$  = kadar air kesetimbangan (g  $H_2O$ /g padatan),  $M_c$  = kadar air kritis (g  $H_2O$ /g padatan),  $\frac{k}{x}$  = permeabilitas kemasan (g/m<sup>2</sup> hari.mmHg),  $A$  = luas permukaan (m<sup>2</sup>),  $W_s$  = berat kering bahan (g),  $P_o$  = tekanan uap air murni pada suhu  $30\text{ }^\circ\text{C}$  (31.8 mmHg),  $b$  = kemiringan kurva sorpsi isotermis.

### 2.3 Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian diolah dengan *Microsoft Excel* dan *software SPSS* serta analisis uji ketepatan model menggunakan *Mean Realtive Determination* (MRD) yang dapat dilihat pada **Persamaan 5** (Hasniar, 2018).

$$MRD = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{M_i - M_{pi}}{M_i} \right] \quad (5)$$

Keterangan:  $M_i$  = kadar air hasil percobaan (g  $H_2O$ /g padatan),  $M_{pi}$  = kadar air hasil perhitungan (g  $H_2O$ /g padatan),  $n$  = jumlah data

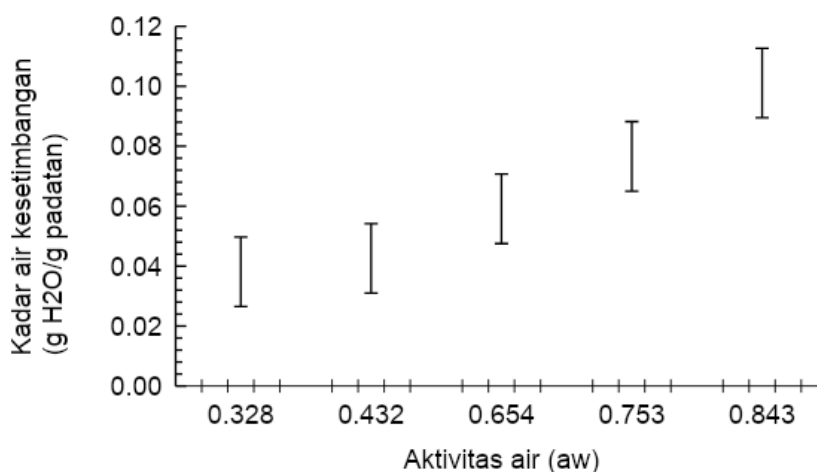
Nilai  $MRD < 5$  maka model tersebut sangat tepat menggambarkan kurva sorpsi isotermis suatu produk, jika  $5 < MRD < 10$  maka model tersebut agak tepat menggambarkan kurva sorpsi isotermis

suatu produk dan jika  $MRD > 10$  maka model tersebut tidak tepat menggambarkan kurva sorpsi isotermis produk (Faridah et al., 2013).

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Model Kurva Sorpsi Isotermis

Model kurva sorpsi isothermis diperoleh dengan memplotkan hubungan kadar air kesetimbangan (KAK) dengan aktivitas air ( $a_w$ ). Selama penyimpanan bubuk kakao di dalam *chamber* yang berisi larutan garam jenuh, bubuk kakao mengalami proses adsorpsi dan desorpsi. Pada larutan garam jenuh dengan  $a_w$  yang rendah, sampel bubuk kakao mengalami penurunan berat (desorpsi) karena  $a_w$  pada sampel lebih tinggi daripada  $a_w$  lingkungannya. Sedangkan pada  $a_w$  yang tinggi, sampel bubuk kakao mengalami penambahan berat (adsorpsi) karena  $a_w$  sampel lebih rendah daripada  $a_w$  lingkungannya. Peningkatan kadar air kesetimbangan yang lambat terjadi pada kisaran  $a_w$  yang rendah. Sedangkan peningkatan kadar air kesetimbangan yang tinggi terjadi pada kisaran  $a_w$  yang tinggi (Mosquera et al., 2012). Data kadar air kesetimbangan pada berbagai nilai  $a_w$  dapat dilihat pada **Gambar 1**. Dari **Gambar 1** dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai  $a_w$  pada penyimpanan, semakin tinggi pula nilai kadar air kesetimbangannya. Hal ini menunjukkan bahwa tingginya kondisi  $a_w$  pada suatu penyimpanan akan mengakibatkan kadar air pada produk semakin tinggi yang berpengaruh pada kualitas mutu produk. Peningkatan aktivitas air/RH penyimpanan menyebabkan peningkatan nilai kadar air kesetimbangan (Ikasari et al., 2017).



**Gambar 1.** Kadar air kesetimbangan pada berbagai nilai  $a_w$

Tujuan dibuatnya model kurva sorpsi isotermis untuk memperoleh gambaran aktivitas air dengan kadar air pada kondisi tertentu secara *real* (Jamaluddin et al., 2014). Penentuan parameter model persamaan yaitu nilai  $a$  dan  $b$  dilakukan untuk memperoleh nilai kadar air kesetimbangan pada masing-

masing model. Nilai a dan b pada model Caurie diperoleh dengan memplotkan sumbu x dengan nilai  $\ln M_e$  dan sumbu y dengan nilai  $a_w$  sehingga diperoleh persamaan linier  $\ln M_e = -3.9283 + 1.8367 \times a_w$ . Pada model Hasley, parameter model didapat dengan memplotkan nilai  $\log(\ln(\frac{1}{a_w}))$  sebagai sumbu y dan  $\log M_e$  sebagai sumbu x sehingga persamaan liniernya menjadi  $\log(\ln(\frac{1}{a_w})) = -2.6673 - 1.8961 \log M_e$ . Parameter model Chen-Clayton diperoleh dengan memplotkan nilai  $M_e$  dan  $\ln(\ln(\frac{1}{a_w}))$  sehingga memperoleh persamaan linier  $\ln(\ln(\frac{1}{a_w})) = 1.0602 - 29.138 \times M_e$ . Parameter nilai a dan b model Oswin diperoleh dengan memplotkan nilai  $\ln M_e$  dan nilai  $\ln[\frac{a_w}{(1-a_w)}]$  sehingga persamaan liniernya menjadi  $\ln M_e = -3.022 + 0.4086 \ln[\frac{a_w}{(1-a_w)}]$ . Model persamaan terakhir yaitu model Henderson. Nilai  $\log M_e$  diplotkan sebagai sumbu x dan nilai  $\log(\ln(\frac{1}{(1-a_w)}))$  diplotkan sebagai sumbu y untuk memperoleh nilai a dan b dan persamaan liniernya berubah menjadi  $\log[\ln(\frac{1}{(1-a_w)})] = 1.8516 + 1.5447 \log M_e$ . Parameter model untuk masing-masing persamaan dapat dilihat seperti pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Parameter model persamaan sorpsi isotermi bubuk kakao

Model	Persamaan Linier	Nilai a	Nilai b
Caurie	$\ln M_e = -3.9283 + 1.8367 \times a_w$	-3.9283	1.8367
Hasley	$\log(\ln(\frac{1}{a_w})) = -2.6673 - 1.8961 \log M_e$	-2.6673	-1.8961
Chen Clayton	$\ln(\ln(\frac{1}{a_w})) = 1.0602 - 29.138 \times M_e$	1.0602	-29.138
Oswin	$\ln M_e = -3.022 + 0.4086 \ln[\frac{a_w}{(1-a_w)}]$	-3.022	0.4086
Henderson	$\log[\ln(\frac{1}{(1-a_w)})] = 1.8516 + 1.5447 \log M_e$	1.8516	1.5447

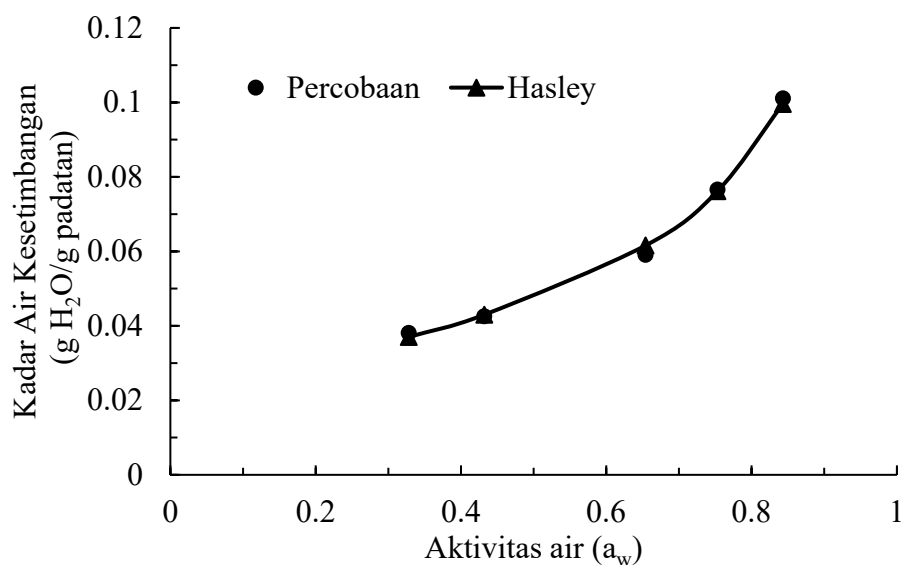
Ketepatan model pada masing-masing model persamaan diuji dengan menghitung nilai *Mean Relative Determination* (MRD) (Kusnandar et al., 2017). Hasil perhitungan MRD produk bubuk kakao pada masing-masing model persamaan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Ketepatan model persamaan sorpsi isotermi bubuk kakao.

Model	MRD
Caurie	5.880
Hasley	2.007
Chen Clayton	6.805
Oswin	3.677
Henderson	6.397

Berdasarkan hasil perhitungan MRD pada **Tabel 3**, model Hasley memiliki nilai ketepatan yang tinggi untuk menggambarkan fenomena sorpsi isoterms produk bubuk kakao. Hal ini dapat dilihat dari model Hasley yang mempunyai nilai MRD paling rendah dibandingkan dengan model persamaan lainnya yaitu sebesar 2.007. Sehingga pada penelitian ini model yang dipilih dan digunakan untuk menggambarkan kurva sorpsi isoterms bubuk kakao adalah model Hasley. Model

Hasley mempunyai kurva sorpsi isothermis yang berhimpitan dengan kurva sorpsi isothermis percobaan seperti pada **Gambar 2**. Kurva sorpsi isothermis pemodelan yang paling baik adalah kurva yang berhimpitan dengan kurva sorpsi isothermis percobaan.



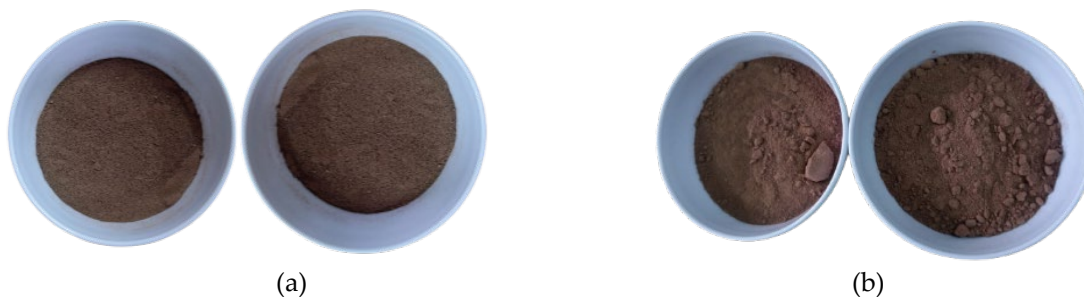
**Gambar 2.** Ketepatan kurva sorpsi isothermis model Hasley

### 3.2 Pendugaan Umur Simpan Bubuk Kakao

Perhitungan umur simpan bersifat prediksi karena faktor utama yang diamati hanya berdasarkan pada penyerapan uap air sampai mencapai titik kritis produk. Pendugaan menggunakan metode sorpsi isothermis air dengan persamaan Labuza (Labuza, 1982). Parameter utama kerusakan produk kering seperti bubuk kakao dapat diketahui dari teksturnya. Perubahan tekstur dapat diamati secara langsung dengan indera penglihatan yang ditandai dengan adanya gumpalan pada bubuk kakao. Penyebabnya adalah produk menyerap uap air dari lingkungannya, sehingga kadar air pada produk meningkat. Pengamatan dilakukan dengan menyimpan bubuk kakao tanpa kemasan pada suhu ruang selama 15 hari. Perubahan tekstur pada bubuk kakao selama penyimpanan dapat dilihat pada **Gambar 3** dan **Tabel 4**.

Berdasarkan **Tabel 4** dapat dilihat bahwa semakin lama bubuk kakao disimpan akan terjadi penurunan mutu pada tekstur bubuk kakao yaitu bubuk kakao menjadi kasar dan menggumpal. Penggumpalan ini diakibatkan karena selama penyimpanan di ruangan terbuka terjadi penyerapan uap air dari lingkungan ke bahan. Sehingga dapat dikatakan bahwa parameter utama dalam menentukan kerusakan produk bubuk kakao dapat dilihat dari segi teksturnya.





**Gambar 3.** Tekstur bubuk kakao secara visual. (a) Tekstur awal, (b) Tekstur setelah 15 hari penyimpanan

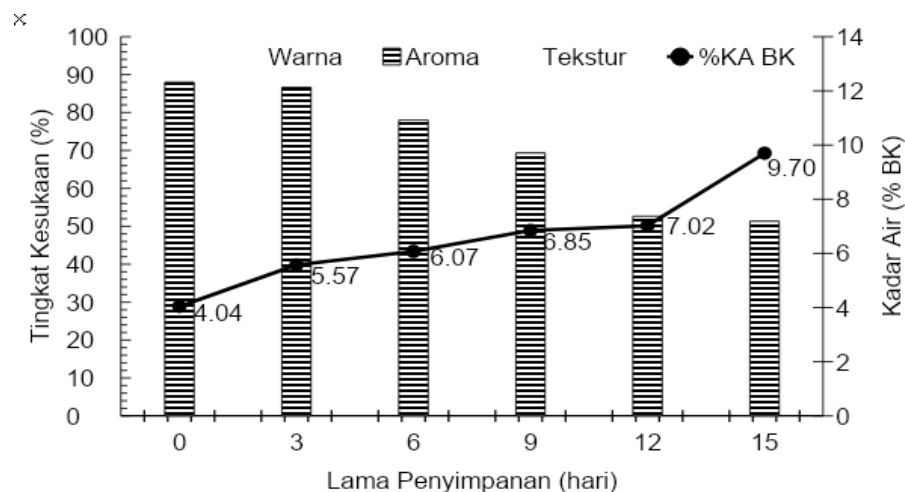
**Tabel 4.** Pengamatan tekstur bubuk kakao secara visual

Lama Penyimpanan (hari)	Penampakan secara visual
0	Tekstur sangat halus, tidak terdapat gumpalan
3	Terdapat sedikit butiran kecil, jika disentuh hancur dan bertekstur halus
6	Terdapat banyak butiran, jika disentuh hancur dan bertekstur halus
9	Banyak butiran menggumpal kecil-kecil, jika disentuh hancur dan tekstur sedikit kasar
12	Butiran gumpalan agak besar, jika disentuh sedikit hancur dan tekstur sedikit kasar
15	Butiran gumpalan lebih besar, jika disentuh tidak mudah hancur, dan tekstur sudah tampak lebih kasar

Salah satu parameter penting yang harus dihitung pertama kali dalam menduga umur simpan dengan pendekatan sorpsi isoterms adalah kadar air awal ( $M_0$ ). Kadar air awal bubuk kakao basis kering sebesar 0.0404 g  $H_2O/g$  padatan (4.04%) atau setara dengan kadar air basis basah sebesar 0.0388 g  $H_2O/g$  sampel (3.88%). Hasil pengukuran kadar air awal pada penelitian ini sudah sesuai dengan syarat yang ditetapkan dalam SNI 3747-2013 tentang bubuk kakao yang menyebutkan bahwa kadar air maksimal kakao bubuk yaitu sebesar 5%. Produk pangan yang memiliki kadar air yang rendah lebih tahan lama dibandingkan dengan kadar air yang tinggi (Hardiyanti & Andraini, 2022). Penyebabnya adalah kandungan air pada bahan pangan memiliki hubungan yang erat terhadap pertumbuhan mikroorganisme.

Kadar air kritis dapat diketahui dengan melakukan uji organoleptik. Bubuk kakao disimpan pada suatu wadah tanpa kemasan selama 15 hari dan setiap 3 hari sekali dilakukan uji organoleptik. Kadar

air awal bubuk kakao yang rendah berubah selama proses penyimpanan. Hubungan persentase tingkat kesukaan panelis terhadap kadar air bubuk kakao dapat dilihat pada Gambar 4.

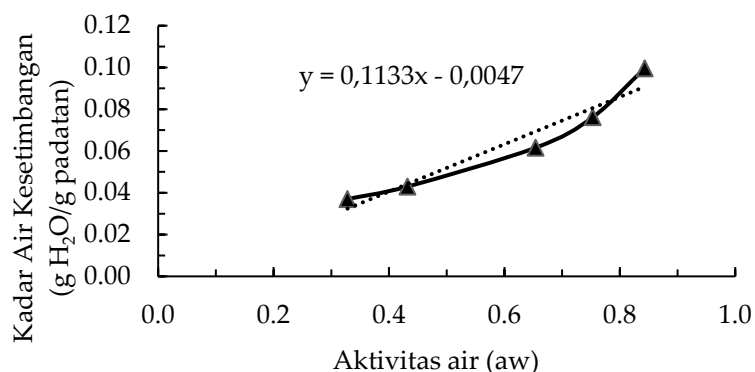


**Gambar 4.** Hasil uji organoleptik bubuk kakao

Berdasarkan **Gambar 4** dapat dilihat bahwa semakin lama penyimpanan bubuk kakao dilakukan, semakin tinggi persentase kadar air yang terkandung di dalam bubuk kakao. Hal ini dipengaruhi oleh proses adsorpsi dimana sampel menyerap uap air yang tinggi dari lingkungan. Pernyataan ini juga disampaikan oleh (Solihin et al., 2015) yang menyebutkan bahwa RH pada ruang penyimpanan yang tinggi akan mengakibatkan terjadinya proses adsorpsi sehingga kadar air meningkat. Semakin tinggi nilai kadar air dan lamanya penyimpanan bubuk kakao diikuti juga dengan semakin rendahnya tingkat kesukaan panelis terhadap bubuk kakao. Pada parameter aroma dan tekstur, panelis sudah menyatakan penolakan terhadap sampel bubuk kakao pada penyimpanan hari ke-12 dengan masing-masing persentase tingkat kesukaan panelis berturut-turut sebesar 52% dan 46%. Sedangkan pada parameter warna selama proses penyimpanan dilakukan tingkat kesukaan panelis berada pada rentang >52% sehingga dapat dikatakan bahwa pada penelitian ini lama penyimpanan bubuk kakao tidak berpengaruh pada parameter warna. Sehingga nilai kadar air kritis bubuk kakao pada penelitian ini diambil pada penyimpanan hari ke-12 yaitu sebesar 7.02% (0.0702 g H<sub>2</sub>O/g padatan).

### 3.2.1 Slope kurva sorpsi isothermis

Model persamaan yang dipilih pada penelitian ini adalah model Hasley. Model ini yang akan digunakan untuk menentukan nilai *slope* kurva pada produk bubuk kakao. Hasil regresi linier antara daerah kadar air awal dan kadar air kritis pada kurva sorpsi isothermis menghasilkan persamaan  $y = 0.1133x - 0.0047$ . Berdasarkan persamaan garis lurus yaitu  $y = a + bx$  dan  $b$  adalah *slope*, maka nilai *slope* kurva sorpsi isothermis untuk produk bubuk kakao dengan model Hasley sebesar 0.1133. Kurva sorpsi isothermis bubuk kakao model Hasley dapat dilihat pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Kurva sorpsi isotermis bubuk kakao model Hasley

### 3.2.2 Permeabilitas uap air kemasan

Permeabilitas uap air kemasan ( $k/x$ ) merupakan kapasitas suatu kemasan untuk menahan uap air pada suatu kondisi tertentu (Hadiati et al., 2022). Permeabilitas dari suatu kemasan memiliki nilai yang berbeda-beda tergantung pada sifat dan jenis bahan pada kemasan. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, kemasan *standing pouch* aluminium foil memiliki nilai permeabilitas kemasan sebesar 0.0236 g/hari.m<sup>2</sup>.mmHg dengan tekanan uap air murni pada suhu 30 °C sebesar 31.824 mmHg. Sedangkan kemasan *standing pouch* kraft pada kondisi yang sama memiliki nilai permeabilitas kemasan sebesar 0.0536 g/hari.m<sup>2</sup>.mmHg. Permeabilitas kemasan *standing pouch* aluminium foil lebih rendah menunjukkan bahwa kemasan ini memiliki daya menahan uap air yang lebih baik. Semakin rendah permeabilitas suatu kemasan, semakin baik daya kemasan tersebut untuk menahan uap air yang masuk (Johnrencius et al., 2017).

### 3.2.3 Umur simpan bubuk kakao

Variabel pendukung yang harus diketahui sebelum melakukan pendugaan umur simpan adalah bobot padatan per kemasan dan luas permukaan kemasan. Menurut (Ikasari et al., 2017) bobot padatan per kemasan dipengaruhi oleh kadar air awal dan berat produk yang akan dikemas. Pada penelitian ini, bobot padatan per kemasan sebesar 96.116 g dan luas permukaan kemasan seluas 0.03 m<sup>2</sup>. Setelah itu, data-data yang telah diperoleh selanjutnya dihitung menggunakan persamaan labuza. Hasil perhitungan umur simpan bubuk kakao dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Berdasarkan hasil tersebut diperoleh bahwa umur simpan bubuk kakao dengan penyimpanan pada suhu 30 °C dan RH 75% dan 80% dan dikemas menggunakan kemasan *standing pouch* aluminium foil berturut-turut selama 665 hari dan 514 hari. Sedangkan umur simpan bubuk kakao dengan kondisi penyimpanan yang sama dan dikemas menggunakan kemasan *standing pouch* kraft adalah 293 hari dan 227 hari. Hasil ini dapat digunakan oleh produsen bubuk kakao untuk menentukan tanggal kadaluarsa produk pada kemasan tersebut. Bubuk kakao yang disimpan menggunakan

kemasan *standing pouch* aluminium foil memiliki umur simpan yang lebih panjang. Panjang pendeknya umur simpan produk pangan sangat dipengaruhi oleh jenis kemasan yang digunakan, dimana berkaitan dengan permeabilitas uap air pada kemasan tersebut. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa produk pangan yang disimpan pada kemasan dengan nilai permeabilitas yang lebih rendah memiliki umur simpan yang lebih panjang (Kusnandar et al., 2017).

**Tabel 5.** Pendugaan umur simpan bubuk kakao

Parameter	Satuan	RH 75%	RH 80%
Kadar Air Awal ( $M_o$ ) bk	g H <sub>2</sub> O/g padatan	0.0404	0.0404
Kadar Air Kritis ( $M_c$ ) bk	g H <sub>2</sub> O/g padatan	0.0702	0.0702
Kadar Air Kesetimbangan ( $M_e$ )	g H <sub>2</sub> O/g padatan	0.0803	0.0859
Berat Kering bahan ( $W_s$ )	g	96.116	96.116
Luas Permukaan Kemasan (A)	m <sup>2</sup>	0.0300	0.0300
Tekanan Uap Air Jenuh pada suhu 30 °C ( $P_o$ )	mmHg	31.824	31.824
<i>Slope</i> (b)	-	0.1133	0.1133
Permeabilitas Aluminium Foil (k/x)	g/m <sup>2</sup> .hari.mmHg	0.0236	0.0236
Permeabilitas Kraft (k/x)	g/m <sup>2</sup> .hari.mmHg	0.0536	0.0536
<b>Umur Simpan</b>			
Aluminium Foil	hari	665	514
Kraft	hari	293	227

#### 4. Kesimpulan

Model kurva sorpsi isotermis yang tepat untuk menggambarkan fenomena sorpsi isotermis bubuk kakao adalah model Hasley dengan nilai MRD paling kecil yaitu 2.007. Umur simpan bubuk kakao dengan kemasan *standing pouch* aluminium foil yang disimpan pada kondisi penyimpanan suhu 30 °C dengan kelembaban relatif (RH) 75% dan 80% berturut-turut adalah 665 hari dan 514 hari. Sedangkan dengan kemasan *standing pouch* kraft adalah 293 hari dan 227 hari.

#### 5. Daftar Pustaka

- Adawiyah, D. R. (2006). *Hubungan Sorpsi Air, Suhu Transisi Gelas dan Mobilitas Air Serta Pengaruhnya Terhadap Stabilitas Produk Pada Model Pangan*. Institut Pertanian Bogor.
- Alfiyani, N., Wulandari, N., & Adawiyah, D. R. (2019). Validasi Metode Pendugaan Umur Simpan Produk Pangan Renyah dengan Metode Kadar Air Kritis. *Jurnal Mutu Pangan: Indonesian Journal of Food Quality*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/10.29244/jmpi.2019.6.1.1>
- Asiah, N., Cempaka, L., & David, W. (2018). Panduan Praktis Pendugaan Umur Simpan. In *Penerbitan Universitas Bakrie*. Penerbitan Universitas Bakrie.

- Faridah, D. N., Yasni, S., Suswantinah, A., & Aryani, G. W. (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. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/JIPI/article/view/8390>
- Hadiati, N., Rohmayanti, T., & Aminullah. (2022). Penggunaan kemasan plastik polietilen biodegradable terhadap umur simpan gula kelapa. *Pro Food (Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan)*, 8(2), 83–92. <https://doi.org/10.29303/profood.v8i2.265>
- Hardiyanti, M., & Andraini, L. (2022). Hubungan Antara Suhu dan Kelembaban. *Jurnal Portal Data*, 2(10), 1–11.
- Hasniar. (2018). Pemodelan Sorpsi Isotermi dan Pendugaan Umur Simpan Beras Pratanak pada Kemasan Plastik Film. In *Tesis*. Institut Pertanian Bogor.
- Ikasari, D., Suryaningrum, T. D., Arti, I. M., & Supriyadi, S. (2017). Pendugaan Umur Simpan Kerupuk Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) Panggang dalam Kemasan Plastik Metalik dan Polipropilen. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 12(1), 55. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v12i1.342>
- Jamaluddin, Molenaar, R., & Tooy, D. (2014). Kajian Isotermi Sorpsi Air dan Fraksi Air Terikat Kue Pia Kacang Hijau Asal Kota Gorontalo. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 2(1), 27–27. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/itp/article/view/7372>
- Johnrencius, M., Herawati, N., & Johan, V. S. (2017). Pengaruh Penggunaan Kemasan Terhadap Mutu Kukis Sukun. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau*, 5(12 (152)), 10–27.
- Kosasih, A. H. M. (2018). Bubuk Dengan Pendekatan Kadar Air Kritis. In *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- Kurniawan, Y. R., Pakpahan, N., Purwanto, Y. A., Purwanti, N., & Budijanto, S. (2021). Stabilitas Beras Analog Berdasarkan Pola Kadar Air Kesetimbangan. *Jurnal Pangan*, 30(2), 87–98. <https://doi.org/10.33964/jp.v30i2.522>
- Kusnandar, F., Adawiyah, D. R., & Fitria, M. (2017). Pendugaan umur simpan biskuit dengan metode akselerasi berdasarkan pendekatan kadar air kritis. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 21(2), 1–6. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jtip/article/view/3407>
- Labuza, T. P. (1982). Shelf-life dating of foods. In *Books*. Food & Nutrition Press, Inc.
- Mattjik, N. R. (2021). *Pendugaan Umur Simpan Tepung Bumbu Goreng Dengan Metode Akselerasi Pendekatan Kadar Air Kritis*. Institut Pertanian Bogor.
- Mosquera, L. H., Moraga, G., & Martínez-Navarrete, N. (2012). Critical water activity and critical water content of freeze-dried strawberry powder as affected by maltodextrin and arabic gum. *Food Research International*, 47(2), 201–206. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.019>
- Solihin, Muhtarudin, & Sutrisna, R. (2015). Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Kadar Air Kualitas Fisik dan Sebaran Jamur Wafer Limbah Sayuran dan Umbi-umbian. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 3(2), 48–54. <https://doi.org/10.23960/jipt.v3i2.p%25p>