

How to cite: Rahmawati, R., Damayanthi, E., Setiawan, B., & Palupi, E. (2025). Estimation of the shelf life of pasta based on sago starch and oyster mushrooms using the critical water content model. *Arsip Keilmuan Gizi (AKG)*, 2(2), 103–116.

## PENDUGAAN UMUR SIMPAN PASTA KERING BERBASIS PATI SAGU DAN TEPUNG JAMUR TIRAM MENGGUNAKAN MODEL KADAR AIR KRITIS

*Shelf-life estimation of dried pasta based on sago starch and oyster mushroom powder using a critical water content model*

**Rahmawati<sup>1)\*</sup>, Evy Damayanthi<sup>2)</sup>, Budi Setiawan<sup>2)</sup>, Eny Palupi<sup>2)</sup>**

<sup>1</sup>Akademi Keperawatan Yapenas 21 Maros, Maros, Sulawaesi Selatan, Indonesia; <sup>2</sup>Departemen Gizi Masyarakat, IPB University, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

\*Email korespondensi: [rahmawati@yapenas21maros.ac.id](mailto:rahmawati@yapenas21maros.ac.id)

Submitted: June 14<sup>th</sup> 2025

Revised: July 20<sup>th</sup> 2025

Accepted: July 24<sup>th</sup> 2025

### ABSTRAK

Pasta kering seperti spaghetti merupakan produk pangan bersifat higroskopis yang rentan terhadap penurunan mutu akibat penyerapan uap air dari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menduga umur simpan inovasi pasta kering berbahan komposit pati sagu dan jamur tiram menggunakan metode kadar air kritis (Model Labuza). Pendugaan umur simpan dilakukan berdasarkan persamaan Labuza dengan parameter input meliputi kadar air awal (Mi) 0,139 g/g padatan, kadar air kesetimbangan (Me) 0,218 g/g padatan, dan kadar air kritis (Mc) 0,164 g/g padatan. Produk dikemas menggunakan *Aluminium Foil* dengan luas permukaan (A) 0,024 m<sup>2</sup> dan permeabilitas (k/x) 0,024 g/hari.m<sup>2</sup>.mmHg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada suhu penyimpanan 30 °C dengan tekanan uap air jenuh 31,80 mmHg dan nilai slope (b) 0,227, produk memiliki pendugaan umur simpan selama 11,86 bulan (355,895 hari). Hasil ini mengindikasikan bahwa penggunaan kemasan *Aluminium Foil* efektif dalam mempertahankan kualitas pasta berbasis pati sagu dan jamur tiram untuk penyimpanan jangka panjang.

Kata kunci: Spageti, Umur simpan, Model Labuza

### ABSTRACT

*Dry pasta, such as spaghetti, is a hygroscopic food product susceptible to quality degradation due to moisture absorption from the environment. This study aims to predict the shelf life of an innovative dry pasta made from a sago starch and oyster mushroom composite using the critical moisture content method (Labuza Model). The shelf life estimation was conducted based on the Labuza equation with input parameters including an initial moisture content (Mi) of 0.139 g/g solids, equilibrium moisture content (Me) of 0.218 g/g solids, and critical moisture content (Mc) of 0.164 g/g solids. The product was packaged in aluminum foil with an effective surface area (A) of 0.024 m<sup>2</sup> and a packaging permeability (k/x) of 0.024 g/day.m<sup>2</sup>.mmHg. The results showed that at a storage temperature of 30 °C with a saturated vapor pressure of 31.80 mmHg and a slope value (b) of 0.227, the product has a predicted shelf life of 11.86 months (355.89 days). These findings indicate that the use of aluminum foil packaging is effective in maintaining the quality of sago starch and oyster mushroom-based pasta for long-term storage.*

Keywords: Spaghetti, Shelf life, Labuza model

## PENDAHULUAN

Pati sagu (*Metroxylon sp.*) merupakan sumber karbohidrat lokal potensial yang memiliki indeks glikemik rendah, menjadikannya alternatif pangan sehat yang berkelanjutan (Metaragakusuma et al., 2016). Selain itu, jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) dikenal sebagai bahan pangan fungsional yang kaya akan protein, serat pangan, serta mineral penting (Deepalakshmi & Mirunalini, 2014). Kombinasi kedua bahan ini tidak hanya meningkatkan nilai gizi produk, tetapi juga berperan strategis dalam regulasi lemak tubuh. Pati sagu mengandung pati resisten (*resistant starch*) yang dapat meningkatkan oksidasi lemak dan mencegah akumulasi lemak visceral (Thompson et al., 2021). Sementara itu, kandungan  $\beta$ -glukan yang merupakan serat larut pada jamur tiram efektif dalam mengikat asam empedu dan menghambat penyerapan lemak di usus, serta memberikan efek kenyang lebih lama yang mendukung manajemen berat badan (Cerletti et al., 2021).

Pasta berbasis pati sagu dan jamur tiram merupakan inovasi diversifikasi produk untuk mengurangi ketergantungan pada terigu (Rahmawati et al., 2025). Sebagai produk pangan olahan yang dikemas, aspek keamanan menjadi prioritas utama. Sesuai dengan Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 31 Tahun 2018 Tentang Label Pangan Olahan, pencantuman tanggal kedaluwarsa (*expired date*) pada label kemasan adalah kewajiban untuk memberikan jaminan keamanan gizi dan informasi batas kelayakan konsumsi bagi konsumen. Ketidaktelitian dalam menentukan umur simpan dapat

berisiko pada penurunan kualitas produk yang berdampak pada kesehatan konsumen (BPOM, 2018).

Penentuan tanggal kedaluwarsa tersebut dilakukan melalui pendugaan umur simpan produk. Produk kering seperti pasta memiliki sifat higroskopis yang sangat sensitif terhadap kelembapan udara lingkungan, sehingga salah satu pendekatan yang banyak digunakan untuk mengestimasi masa simpannya adalah model kadar air kritis berdasarkan persamaan Labuza (Fu & Labuza, 1997). Model ini memungkinkan pendugaan umur simpan dilakukan secara efektif dengan fokus pada parameter kadar air sebagai faktor pembatas utama kualitas produk kering (Lee & Robertson, 2022). Selain aspek teknis, komposisi bahan juga memberikan implikasi signifikan terhadap stabilitas fisik produk. Interaksi antara pati sagu dengan protein dan  $\beta$ -glukan jamur tiram diharapkan mampu memodifikasi higroskopisitas dan aktivitas air (*aw*), sehingga menghasilkan matriks pangan yang lebih stabil terhadap penetrasi uap air.

Meskipun potensi pemanfaatan pati sagu dan jamur tiram sebagai bahan pangan fungsional telah banyak dipelajari, kajian mengenai stabilitas penyimpanan dan umur simpan pasta komposit dari kedua bahan tersebut belum pernah dilakukan. Saat ini, belum tersedia data ilmiah mengenai profil sorpsi air serta stabilitas matriks sagu-jamur tiram yang unik akibat keberadaan serat ( $\beta$ -glukan) dan protein jamur. Ketiadaan data umur simpan ini menjadi kendala kritis dalam upaya standarisasi mutu dan keamanan produk

untuk keperluan komersialisasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi umur simpan pasta pati sagu dan jamur tiram menggunakan metode kadar air kritis guna memberikan kepastian masa simpan yang akurat dan menjamin keamanan produk saat dipasarkan.

## **METODE**

### **Lokasi dan Waktu**

Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2024-Maret 2025. Pendugaan umur simpan dianalisis di Laboratorium Pengolahan Pangan dan Laboratorium Sensori Pangan, Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Bakrie.

### **Bahan dan Alat**

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasta kering seperti spageti yang dibuat dari tepung komposit pati sagu dan jamur tiram dengan perbandingan formula F1 (70:30). Bahan kimia pendukung meliputi akuades serta berbagai jenis garam jenuh tingkat analisis (*analytical reagent*) merek Merck (Jerman), yaitu NaOH, MgCl, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaCl, dan BaCl. Garam-garam jenuh tersebut berfungsi untuk menciptakan kondisi kelembapan relatif (RH) tertentu di dalam desikator, yang digunakan dalam penentuan kadar air kesetimbangan (Me) untuk menyusun kurva isothermis sorpsi air. Produk dikemas menggunakan material *standing pouch aluminium foil*. Alat-alat yang digunakan terdiri dari timbangan analitik, gelas arloji, cawan porselen, desikator, oven pengering, dan penjepit cawan.

## **Tahapan Penelitian**

### **1. Penentuan Kadar Air Awal (Mi)**

Pengukuran kadar air awal pada sampel pasta dilakukan dengan menerapkan metode oven sesuai standar AOAC (2019). Prosedur diawali dengan mensterilkan dan mengeringkan cawan kosong di dalam oven pada suhu 110°C selama 30 menit, yang kemudian didinginkan dalam desikator selama 10 menit sebelum ditimbang bobotnya. Selanjutnya, sebanyak 2 g sampel dimasukkan ke dalam cawan tersebut dan ditimbang kembali untuk mendapatkan bobot awal. Kadar air dapat dihitung dengan persamaan:

$$M_i = \frac{(W_i - W_f)}{(W_f - W_0)}$$

Keterangan:

M<sub>i</sub> : Kadar Air basis kering (g H<sub>2</sub>O/ g padatan)

M<sub>b</sub> : Kadar Air basis basah (%)

W<sub>0</sub> : Bobot Cawan Kosong (g)

W<sub>i</sub> : Bobot Cawan Kosong + Isi sebelum dikeringkan(g)

W<sub>f</sub> : Bobot Cawan Kosong + Isi sesudah dikeringkan(g)

### **2. Penentuan Kadar Air Kesetimbangan (Me)**

Larutan garam jenuh pada Tabel 1 dipersiapkan terlebih dahulu. Kadar air kesetimbangan merupakan kadar air produk pada nilai aktivitas air (Aw) tertentu. Nilai Aw diperoleh dari penggunaan larutan garam jenuh. Penentuan kurva isothermis sorpsi air dilakukan dengan menggunakan 5 larutan garam jenuh tersebut. Sampel sebanyak 2 g ditimbang dan diletakkan ke dalam cawan porselen, kemudian disimpan di dalam desikator yang telah berisi larutan garam jenuh. Bobot

sampel ditimbang secara berkala hingga diperoleh bobot konstan yang menunjukkan kondisi kesetimbangan. Setelah bobot konstan tercapai, kadar air sampel diukur dan dihitung berdasarkan basis kering (*dry basis*). Kurva isotermik disusun dengan memplotkan nilai kadar air kesetimbangan terhadap aktivitas air (*aw*) atau kelembapan relatif (RH) dari masing-masing desikator.

Hasil pengukuran kadar air kesetimbangan sampel diplotkan terhadap masing-masing aktivitas air (*aw*) untuk mendapatkan kurva Isotermis Sorpsi Air (ISA). Karakteristik sorpsi air pada produk pasta kering ini dipetakan menggunakan model GAB (*Guggenheim-Anderson-de-Boer*) yang bertujuan untuk menggambarkan hubungan kadar air (*aw*) dan kadar air kesetimbangan (*Me*) secara menyeluruh. Meskipun model GAB menggambarkan pola kurva secara umum, untuk keperluan pendugaan umur simpan menggunakan persamaan persamaan Labuza, nilai *slope* (*b*) diambil secara spesifik dari garis linear yang menghubungkan kadar air awal (*Mi*) hingga mencapai kadar air kritis (*Mc*). Nilai *slope* tersebut diperoleh melalui persamaan regresi linear dengan persamaan  $y = a + bx$  dengan *b* sebagai *slope*. Untuk mendapatkan nilai kadar air kesetimbangan (*Me*), dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan regresi linear dari plot *Aw* dan *Me*. Nilai (*x*) direpresentasikan sebagai nilai *Aw*, dimana nilai *Aw* diambil dari RH rata-rata penyimpanan produk pada suhu ruang yaitu 75%.

Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Alfiyani et al.

(2019) bahwa prosedur penentuan *slope* dilakukan melalui garis linear pada kurva ISA, yang menyatakan bahwa penggunaan garis linear memberikan presisi yang lebih baik dalam memprediksi laju penyerapan uap air pada produk pangan kering.

### 3. Penentuan Kadar Air Kritis (*Mc*)

Penentuan kadar air kritis (*Mc*) pada sampel pasta dilakukan melalui integrasi antara uji sensori hedonik dan analisis laboratorium. Pengujian sensori melibatkan 10 panelis terlatih untuk mengevaluasi atribut warna, aroma, tekstur (kerenyahan), dan penerimaan secara keseluruhan (*overall*). Penilaian dilakukan menggunakan skala hedonik 1 sampai 7, di mana skor 1 merepresentasikan sangat tidak menyukai dan skor 7 merepresentasikan sangat menyukai.

Titik kritis ditentukan berdasarkan deskriptor penolakan panelis, yaitu ketika panelis memberikan skor (kategori agak tidak menyukai). Sampel dinyatakan telah mencapai batas kritis apabila terdapat panelis yang mulai menolak atau tidak menyukai atribut sensori tertentu pada sampel tersebut. Terhadap sampel yang sudah tidak diterima oleh panelis, dilakukan pengujian kadar air secara *triplo* dengan metode oven sesuai standar AOAC (2019). Nilai kadar air yang diperoleh dari hasil pengukuran tersebut kemudian ditetapkan sebagai kadar air kritis (*Mc*) produk.

### 4. Penentuan Kadar Air Kesetimbangan (*Me*)

Penentuan luas permukaan kemasan dilakukan dengan menggunting bagian kemasan yang tidak bersentuhan langsung

dengan sampel, kemudian direntangkan hingga membentuk persegi panjang. Panjang dan lebar kemasan diukur menggunakan mistar, dengan mengeksklusi (tidak menghitung) bagian *seal* (area pengelasan) untuk mendapatkan luas permukaan efektif. Karena kemasan bersifat simetris, total luas permukaan dihitung dengan mengalikan hasil pengukuran panjang dan lebar tersebut dengan dua, lalu dikonversi ke satuan. Prosedur ini mengacu pada metodologi Alfiyani *et al.* (2019) yang menetapkan bahwa luas permukaan yang dihitung adalah area yang berperan langsung dalam transmisi uap air.

#### 5. Permeabilitas Aluminium Foil (k/x)

Nilai permeabilitas kemasan (*Aluminium Foil*) (k/x), diperoleh dari referensi. Kemasan *standing pouch Aluminium Foil* memiliki nilai permeabilitas kemasan sebesar 0,0236 g/hari.m<sup>2</sup>.mmHg (Hasbullah & Mahdania, 2023).

#### 6. Tekanan uap air jenuh (Po)

Penentuan tekanan uap air jenuh (Po) dalam penelitian ini mengacu pada data *ChemIntro* yang menyajikan korelasi antara suhu terhadap tekanan uap air. Berdasarkan data tersebut, tekanan uap air murni pada suhu 30 °C ditetapkan sebesar 31,8 mmHg sebagai parameter dalam perhitungan laju migrasi uap air.

#### 7. Berat Kering Produk (Ws)

Berat kering produk (Ws) adalah berat bersih komponen padatan dalam suatu sampel setelah dikurangi kandungan airnya. Nilai ini diperoleh dengan mengalikan berat awal produk dengan kadar padatan yang terkandung di dalamnya.

#### 8. Slope Kurva Isotermik (b)

Nilai *slope* (b) dapat diambil dari daerah linear antara kadar air awal dan kadar air kritis. Plot antara aktivitas air dengan kadar air kesetimbangan memiliki persamaan linier  $y = a + bx$ . Nilai b merupakan kemiringan kurva sorpsi isotermis yang akan dihitung menggunakan persamaan Labuza.

#### 9. Pendugaan Umur Simpan

Semua parameter, yaitu Mi, Mc, Me, A, k/x, Po, b, dan Ws yang telah diukur dan ditetapkan dari tahap sebelumnya diintegrasikan ke dalam persamaan Labuza berikut ini:

$$t = \frac{\ln (m_e - m_o)}{\left( \frac{K(A)(P_o)}{X W_s b} \right)} \cdot 100\%$$

Keterangan :

- t = waktu untuk mencapai umur simpan atau kadar air kritis (bulan)
- mo = kadar air awal produk pada awal penyimpanan (% bk)
- mc = kadar air kritis pada suhu tertentu (g H<sub>2</sub>O/g padatan % bk)
- k/x = permeabilitas kemasan (g/m<sup>2</sup> hari/mmHg)
- A = Luas kemasan yang dihitung berdasarkan dimensi kemasan yang digunakan (m<sup>2</sup>)
- Ws = Berat kering bahan (g)
- Po = Tekanan uap air murni (mmHg) pada suhu 30 °C (31.8 mmHg)
- b = Slope kurva isoterm sorpsi air

### HASIL

Berdasarkan pengujian dengan metode Accelerated shelf life testing (ASLT) melalui pendekatan kadar air kritis model Labuza, diperoleh data

parameter fisik dan sensorik sebagai berikut:

a. Kadar air awal (Mi)

Berdasarkan hasil pengujian, kadar air awal (Mi) pasta basis kering sebesar 0,139 g H<sub>2</sub>O/g padatan (13,9%) atau setara dengan kadar air basis basah sebesar 0,122 g H<sub>2</sub>O/g sampel (12,2%). Kadar air awal yang dihasilkan memenuhi kadar air awal pasta (basis basah) yaitu maksimal 12,5% berdasarkan SNI 8777:2019 dan penelitian dari Indah *et al.* 2018. Hasil pengujian kadar air awal dapat dilihat pada Tabel 1.

b. Kadar air kesetimbangan (Me)

Nilai aktivitas air (aw) diperoleh melalui penggunaan berbagai jenis

larutan garam jenuh. Kadar air kesetimbangan (Me) didefinisikan sebagai kondisi saat laju perpindahan massa air dari bahan ke udara setara dengan laju perpindahan air dari udara ke dalam bahan. Nilai tersebut digunakan untuk menyusun kurva Isoterm Sorpsi Air (ISA) suatu produk. Penentuan diawali dengan preparasi larutan garam jenuh untuk mengatur kelembapan relatif (RH) kesetimbangan di dalam desikator atau *chamber*. Data mengenai jenis larutan garam jenuh yang digunakan serta durasi waktu untuk mencapai kondisi kesetimbangan disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 1.**  
**Hasil pengujian kadar air awal**

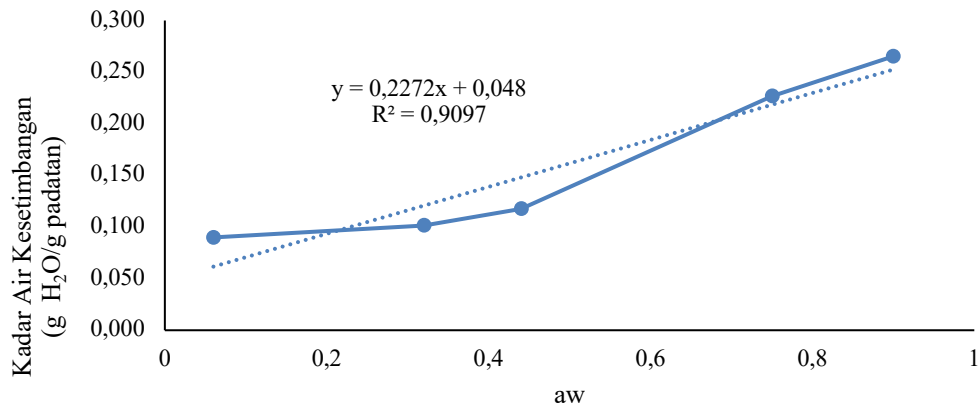
Formula	Berat basah (g)	Berat kering (g)	Selisih berat kering (g H <sub>2</sub> O)	Basis basah (g H <sub>2</sub> O/g padatan basah)	Basis kering (g H <sub>2</sub> O/g padatan kering)
Pasta F1	2,055	1,804	0,251	0,122	0,139

Keterangan: Pasta (F1) = pasta pati sagu substitusi jamur tiram terpilih (70:30) substitusi pati sagu dengan jamur tiram; nilai rata-rata dari analisis tiga kali ulangan

**Tabel 2.**  
**Hasil pengujian kadar air kesetimbangan**

Formula	Larutan garam	ERH (%)	Aw	g H <sub>2</sub> O/g padatan
Pasta F1	NaOH	6	0,06	0,090
	MgCl	32	0,32	0,102
	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	44	0,44	0,118
	NaCl	75	0,75	0,227
	BaCl	90	0,90	0,265

Keterangan: Pasta (F1) = pasta pati sagu substitusi jamur tiram terpilih (70:30) substitusi pati sagu dengan jamur tiram; ERH = *Equilibrium Relative Humidity* (Kelembapan relatif kesetimbangan pada ruang penyimpanan)



**Gambar 1.**  
**Kurva sorpsi isotermik pasta (spageti)**

Variasi jumlah garam dan volume akuades yang digunakan untuk mencapai kondisi jenuh dipengaruhi oleh perbedaan sifat kelarutan, karakteristik spesifik, serta tingkat kemurnian dari masing-masing garam dan akuades yang digunakan. Penggunaan rentang RH yang beragam dalam penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran profil aktivitas air ( $a_w$ ) secara menyeluruh. Hasil pengukuran kadar air kesetimbangan sampel selanjutnya diplotkan terhadap masing-masing nilai sehingga terbentuk kurva sorpsi isotermik sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1.

Berdasarkan grafik, didapatkan nilai slope 0,2272. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yaitu sebesar 90,97% menunjukkan bahwa hubungan linear ini sangat kuat. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai  $a_w$ , maka semakin tinggi pula nilai kadar air kesetimbangannya. Untuk mendapatkan nilai kadar air kesetimbangan ( $M_e$ ), dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan regresi linear dari plot  $a_w$  dan  $M_e$  yaitu  $y = 0,2272x + 0,048$ . Nilai ( $x$ ) direpresentasikan sebagai nilai  $a_w$ ,

dimana nilai  $a_w$  diambil dari RH rata-rata penyimpanan produk pada suhu ruang yaitu 75%, maka nilai  $a_w$  adalah 0,75. Keadaan ini disesuaikan dengan kelembaban relatif yang ada di Indonesia sekitar 70–80%. Hasil perhitungan persamaannya sebagai berikut:

$$y = 0,2272x + 0,048$$

$$y = 0,2272 (0,75) + 0,048$$

$$y = 0,2184$$

$$M_e = 0,2184$$

Berdasarkan hasil perhitungan dengan persamaan di atas, maka didapatkan kadar air kesetimbangan ( $M_e$ ) yaitu 0,2184 g H<sub>2</sub>O/g padatan.

#### c. Kadar air kritis ( $M_c$ )

Pada uji kadar air kritis, dilakukan uji sensori menggunakan metode hedonik untuk mengevaluasi penerimaan panelis terhadap perubahan atribut sensori pada sampel produk pasta. Sebanyak 10 panelis terlatih menilai 7 sampel, masing-masing mewakili kondisi penyimpanan tiap jam selama 7 jam pada suhu ruang 30 °C dengan kelembaban relatif 53–60%. Penilaian dilakukan terhadap atribut warna, aroma, tekstur, dan penerimaan keseluruhan (*overall*)

menggunakan skala 1-7, dengan 1 menunjukkan sangat tidak disukai dan 7 sangat disukai. Penilaian dicatat pada *scoresheet*. Proses penilaian dapat

dilihat pada Gambar 2, sedangkan hasil pengujian kadar air kritis disajikan pada Tabel 3.



**Gambar 2.**  
**Pengujian sensori untuk menentukan kadar air kritis (Mc)**

**Tabel 3.**  
**Hasil pengujian kadar air kritis berdasarkan uji sensori**

<b>Formula</b>	<b>Kadar air (g H<sub>2</sub>O/g padatan)</b>	<b>Tingkat penolakan keseluruhan</b>
Pasta F1	0,1409	20%
	0,1445	20%
	0,1463	40%
	0,1463	10%
	0,1481	0%
	0,1535	20%
	0,1642	60%*

Keterangan: Pasta (F1) = pasta pati sagu substitusi jamur tiram terpilih (70:30) substitusi pati sagu dengan jamur tiram; \*60% = persen penolakan tertinggi dari panelis terlatih sebagai acuan kadar air kritis produk

Ketika lebih dari atau sama dengan 50% panelis mulai tidak menyukai sampel dengan memberikan skor 3 pada atribut sensori tertentu, maka kadar air sampel tersebut digunakan untuk menentukan kadar air kritis. Sampel yang tidak diterima oleh panelis dilakukan pengujian kadar airnya secara triplo. Nilai kadar air tersebut yang dianggap sebagai kadar air kritis produk. Pengujian kadar air mengacu pada metode pengujian kadar air awal produk.

Berdasarkan data hasil pengujian (Tabel 3), produk mulai mengalami

penolakan setelah melewati batas > 50%. Penolakan tertinggi tercatat pada jam ke-7 penyimpanan dengan persentase penolakan sebesar 60%, terutama terlihat pada tingkat penerimaan keseluruhan (*overall*). Kadar air pada titik ini, yaitu 0,1642 g H<sub>2</sub>O/g padatan, ditetapkan sebagai kadar air kritis (Mc) produk. Dengan kata lain, produk dianggap mencapai batas kedaluwarsa secara sensori saat kadar airnya mencapai nilai kritis Mc, karena pada titik ini kualitas organoleptik keseluruhan mulai tidak diterima oleh konsumen.

d. Pengukuran luas permukaan kemasan (A)

Permukaan kemasan yang tidak bersentuhan langsung dengan sampel digunting, lalu kemasan digunting secara lurus vertikal dan direntangkan sehingga membentuk persegi panjang. Panjang dan lebar kemasan diukur menggunakan mistar. Panjang dan lebar dikalikan 2 sehingga didapatkan luas permukaan (A) dua sisi kemasan yang di konversi menjadi m<sup>2</sup>. Penentuan luas permukaan kemasan mengacu pada persamaan berikut:

$$\text{Luas dua sisi kemasan} = 2 \times (\text{panjang} \times \text{lebar})$$

e. Parameter pendukung

Nilai permeabilitas kemasan (k/x), diperoleh dari referensi. Kemasan *standing pouch Aluminium Foil* dihitung nilai permeabilitasnya, selanjutnya dihitung nilai tekanan uap air murni (P<sup>0</sup>) pada suhu 30 °C.

f. Prediksi umur simpan produk terpilih

Prediksi umur simpan pasta dapat ditentukan menggunakan nilai slope (b) kurva sorpsi isotermis dengan persamaan Labuza. Semua variabel yang telah diketahui, dimasukkan ke dalam persamaan pendugaan masa simpan berikut:

$$t = \frac{\ln \left( \frac{Me - Mi}{Me - Mc} \right)}{\frac{k}{x} \left( \frac{A}{Ws} \right) \frac{P0}{b}}$$

Perhitungan umur simpan pasta dilakukan pada kondisi kelembaban relatif (RH) 75%.

## DISKUSI

Penentuan umur simpan merupakan aspek yang sangat penting dalam proses pengembangan produk pangan

fungsional, khususnya untuk produk kering seperti pasta pati sagu yang disubstitusi dengan jamur tiram. Umur simpan tidak hanya berfungsi sebagai indikator ketahanan produk selama proses distribusi dan penyimpanan, tetapi juga sebagai jaminan terhadap kestabilan mutu sensori, kandungan gizi, serta keamanan mikrobiologis produk hingga akhir masa edarnya.

Dalam penelitian ini, prediksi umur simpan dilakukan dengan menggunakan pendekatan kadar air kritis berdasarkan model kinetika Labuza. Model ini dipilih karena sangat relevan untuk produk kering seperti pasta, di mana penurunan mutu utama disebabkan oleh penyerapan uap air dari lingkungan. Perhitungan dilakukan pada kondisi penyimpanan representatif, yaitu suhu 30 °C dan RH 75%. Model ini mengasumsikan bahwa perubahan kadar air selama penyimpanan berperan penting terhadap kerusakan mutu produk, terutama terkait perubahan tekstur dan stabilitas fisik. Penggunaan model kadar air kritis ini memungkinkan estimasi masa simpan yang akurat tanpa memerlukan percepatan suhu bertingkat, dengan fokus pada efektivitas kemasan dalam menahan migrasi uap air.

Kadar air awal yang dihasilkan pada Tabel 1 memenuhi kadar air awal pasta (basis basah) yaitu maksimal 12,5% berdasarkan SNI 8777:2019 (Jamaluddin et al., 2014) dan penelitian dari Indah *et al.* (2018).

Kadar air kesetimbangan (Me) merupakan parameter utama selanjutnya dalam menyusun kurva sorpsi isotermis suatu produk. Nilai diperoleh melalui pengkondisian

sampel di dalam *chamber* menggunakan berbagai larutan garam jenuh (Tabel 2). Larutan tersebut berfungsi untuk menciptakan kelembapan relatif (RH) yang terkontrol, sehingga dapat ditentukan titik-titik kesetimbangan air pada berbagai tingkat aktivitas air (*aw*) (Swastika & Juwitaningtyas, 2024).

Kadar air kesetimbangan (*Me*) memiliki hubungan berbanding lurus dengan aktivitas air (*aw*) karena peningkatan akan memicu penyerapan uap air yang lebih besar oleh produk (Jamaluddin et al., 2014). Nilai maksimal sebesar 0,218 g/g padatan pada penelitian ini tergolong relatif lebih rendah dibandingkan dengan pasta terigu murni yang mengindikasikan bahwa higroskopisitas tepung komposit tersebut lebih terkendali. Fenomena tersebut sangat dipengaruhi oleh interaksi matriks pati sagu dengan protein dan  $\beta$ -glukan dari jamur tiram yang membentuk lapisan pelindung atau *barrier* fisik di sekeliling granula pati melalui ikatan hidrogen non-kovalen. Keberadaan lapisan pelindung tersebut memberikan efek ganda yaitu menghambat akses enzim amilase yang meningkatkan kadar pati resisten sekaligus berfungsi sebagai penghalang fisik yang memperlambat difusi uap air dari lingkungan ke dalam struktur internal produk. Meskipun komponen jamur memiliki sifat hidrofilik, pembentukan kompleks antara polisakarida jamur dan pati mampu menciptakan struktur yang lebih kompak dan stabil. Berdasarkan pengamatan morfologi, rasio jamur tiram sebesar 30% merupakan titik optimal dalam menciptakan *barrier* yang efektif untuk meningkatkan stabilitas

produk terhadap kelembapan maupun degradasi enzimatik (Zhuang et al. 2024; Tu et al. 2021). Hal ini menjelaskan alasan laju adsorpsi air pada formulasi tersebut menjadi lebih lambat serta memberikan implikasi positif terhadap stabilitas tekstur pasta selama masa penyimpanan.

Kurva Isotermis Sorpsi Air (ISA) yang diperoleh merepresentasikan hubungan antara kadar air kesetimbangan (*Me*) pada sumbu dengan aktivitas air (*aw*) atau kelembapan relatif (RH) penyimpanan pada sumbu. Secara umum, kurva ini menunjukkan tren positif di mana kadar air produk akan meningkat secara proporsional seiring dengan kenaikan nilai atau RH lingkungan (Swastika & Juwitaningtyas, 2024).

Nilai *slope* (*b*) pada penelitian ini diperoleh melalui garis linear pada kurva ISA model GAB (*Guggenheim-Anderson-de Boer*), sesuai dengan pendekatan yang dilakukan oleh Lagoudaki et al., (1993). Garis tersebut menghubungkan titik kadar air awal (*M<sub>i</sub>*) hingga kadar air kritis (*M<sub>c</sub>*) melalui persamaan regresi (Gambar 1). Nilai *slope* (*b*) sebesar 0,2272 dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) mencapai 90,97% menunjukkan hubungan linear yang sangat kuat pada rentang kadar air tersebut. Hasil ini selaras dengan penelitian Jamaluddin et al. (2014) bahwa penggunaan garis linear pada kurva sorpsi memberikan akurasi yang tinggi dalam menduga laju penyerapan uap air produk pangan berbasis pati. Untuk mendapatkan nilai kadar air kesetimbangan (*Me*), dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan regresi linear dari plot *aw*

dan Me yaitu  $y = 0,2272x + 0,048$ . Nilai (x) direpresentasikan sebagai nilai aw, dimana nilai aw diambil dari RH rata-rata penyimpanan produk pada suhu ruang yaitu 75%, maka nilai aw adalah 0,75. Keadaan ini disesuaikan dengan kelembaban relatif yang ada di Indonesia sekitar 70–80%.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan dari persamaan, maka didapatkan kadar air kesetimbangan (Me) yaitu 0,2184 g H<sub>2</sub>O/g padatan. Hasil ini menunjukkan bahwa profil dan model kurva sorpsi isotermis sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain karakteristik alami bahan serta komposisi kimia penyusunnya seperti karbohidrat, protein, lemak, dan mineral. Selain itu, perubahan fisik selama migrasi air, pengaruh suhu, laju adsorpsi atau desorpsi, serta jumlah air yang berpindah selama proses berlangsung juga menjadi determinan penting dalam menentukan bentuk kurva tersebut (Swastika & Juwitaningtyas, 2024).

Penentuan kadar air kritis (Mc) dilakukan melalui uji sensorik dengan metode hedonik untuk mengevaluasi penerimaan panelis terhadap perubahan atribut mutu pasta selama penyimpanan. Berdasarkan kriteria penolakan sensorik, produk dinyatakan mencapai batas kritis apabila 50% panelis memberikan skor 3 (kriteria tidak menyukai) pada salah satu atribut mutu. Nilai kadar air pada titik penolakan tersebut kemudian ditetapkan sebagai kadar air kritis (Mc) produk (Asiah et al., 2025).

Pengujian ini melibatkan 10 panelis terlatih yang mengevaluasi 7 sampel pasta. Sampel-sampel tersebut mewakili

kondisi penyimpanan setiap jam (selama total 7 jam) pada suhu ruang 30 °C dengan kelembapan relatif (RH) berkisar antara 53–60%. Parameter yang dinilai mencakup atribut warna, aroma, tekstur, dan penerimaan keseluruhan (*overall*) menggunakan skala 1–7 (skor 1: sangat tidak disukai; skor 7: sangat disukai). Data penilaian dicatat dalam *scoresheet*, sementara visualisasi proses penilaian dan rekapitulasi hasil pengujian masing-masing disajikan pada Gambar 2 dan Tabel 3.

Hasil pengujian pada Tabel 3 menunjukkan bahwa produk mulai mengalami penolakan signifikan setelah melewati ambang batas 50%. Persentase penolakan tertinggi tercatat pada jam ke-7 penyimpanan, yaitu sebesar 60%, khususnya pada atribut penerimaan keseluruhan (*overall*). Kadar air pada titik ini, sebesar 0,1642 g/g padatan, secara resmi ditetapkan sebagai kadar air kritis (Mc). Dengan demikian, produk dianggap mencapai batas kedaluwarsa secara sensorik saat kadar airnya menyentuh nilai Mc, karena pada kondisi tersebut kualitas organoleptik secara umum sudah tidak dapat diterima oleh konsumen.

Penentuan luas permukaan kemasan dilakukan dengan merentangkan material kemasan hingga membentuk persegi panjang, kemudian diukur panjang dan lebarnya menggunakan mistar (Alfiyani, Wulandari, & Adawiyah, 2019). Berdasarkan pengukuran tersebut, diperoleh luas permukaan (A) sebesar 240 atau setara dengan 0,024. Luas permukaan ini merupakan faktor krusial yang menentukan laju transmisi uap air ke

dalam produk (Cardoso & Labuza, 1983).

Nilai permeabilitas kemasan ( $k/x$ ), diperoleh dari referensi. Kemasan *standing pouch Aluminium Foil* memiliki nilai permeabilitas kemasan sebesar 0,0236 g/hari.m<sup>2</sup>.mmHg (Hasbullah & Mahdania, 2023). Sedangkan, nilai tekanan uap air murni ( $P_0$ ) pada suhu 30 °C yaitu sebesar 31,8 mmHg (Chem Intro). Bobot kering produk dalam kemasan ( $W_s$ ) adalah 73,25 g.

Prediksi umur simpan pasta kemudian ditentukan menggunakan nilai slope ( $b$ ) kurva sorpsi isothermis dengan persamaan Labuza (Cardoso & Labuza, 1983). Semua variabel yang telah diketahui, dimasukkan ke dalam persamaan pendugaan masa simpan berikut:

$$t = \frac{\ln \frac{(M_e - M_i)}{(M_e - M_c)}}{\frac{k}{x} \left( \frac{A}{W_s} \right) \frac{P_0}{b}}$$

$$t = \frac{\ln \frac{(0,218 - 0,139)}{(0,218 - 0,164)}}{0,024 \left( \frac{0,024}{73,25} \right) \frac{31,80}{0,227}}$$

$$t = \frac{0,385152706}{0,001082208}$$

$$t = 355,895 \text{ hari (11,86 bulan)}$$

Perhitungan umur simpan pasta dilakukan pada kondisi kelembaban relatif (RH) 75%. Kondisi ini dipilih untuk mendapatkan data hasil perhitungan paling pesimis dan untuk mengantisipasi kondisi penyimpanan yang paling buruk. Hasil perhitungan umur simpan produk pasta adalah 355 hari (11,86 bulan).

## SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu estimasi umur simpan pasta komposit pati sagu dan jamur tiram yang dikemas menggunakan *standing pouch Aluminium Foil* adalah selama 11,86 bulan (355,89 hari) pada kondisi suhu ruang dengan kelembapan relatif (RH) 75%. Pendugaan ini diperoleh melalui metode kadar air kritis (Model Labuza) dengan mempertimbangkan nilai permeabilitas kemasan sebesar 0,024 g/hari.m<sup>2</sup>.mmHg. Hasil ini menunjukkan bahwa karakteristik fisikokimia produk, terutama interaksi matriks pati dengan serat dan protein jamur, didukung oleh proteksi maksimal dari kemasan *aluminium foil*, mampu mempertahankan kualitas produk untuk jangka waktu penyimpanan yang panjang.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI), Pusat Layanan Pembiayaan Pendidikan (Pusat Layanan Pembiayaan Pendidikan-Puslapdik), dan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan Republik Indonesia atas pemberian beasiswa [Nomor ID 202101130755].

## DAFTAR RUJUKAN

- 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>

- [AOAC] Association of Official Agricultural Chemists. (2019). *Official Methods of Analysis. 21st Edition*. Harvey Washington Wiley.
- Asiah, N., Astuti, R. M., Susilawati, W., & Khairina, A. M. (2025). *Teori dan Praktik Pengujian Masa Simpan Produk Pangan*. Universitas Bakrie Press.
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2018). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 31 Tahun 2018 Tentang Label Pangan Olahan*. Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- Cardoso, G., & Labuza, T. P. (1983). Prediction of moisture gain and loss for packaged pasta subjected to a sine wave temperature/humidity environment. *International Journal of Food Science and Technology*, 18(5), 587–606. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb00299.x>
- Cerletti, C., Esposito, S., & Iacoviello, L. (2021). Edible Mushrooms and Beta-Glucans: Impact on Human Health. *Nutrients*, 13(7), 2195. <https://doi.org/10.3390/nu13072195>
- Deepalakshmi, K., & Mirunalini, S. (2014). Pleurotus ostreatus: An oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. *J Biochem Tech*, 5(2), 718–726.
- Fu, B., & Labuza, T. P. (1997). Shelf-Life Testing: Procedures and Prediction Methods. In M. C. Erickson & Y.-C. Hung (Eds.), *Quality in Frozen Foods* (pp. 377–415). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5975-7\\_19](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5975-7_19)
- Hasbullah, R., & Mahdania, N. F. I. (2023). Shelf life prediction of cacao powder using isothermic sorption approach. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 11(3), 294–306. <https://doi.org/10.19028/jtep.011.3.294-306>
- Indah, N. K., Ushada, M., & Ainuri, M. (2018). *Pengembangan Produk Spaghetti Berbasis Bahan Pangan Lokal* ([Tesis]). Universitas Gajah Mada.
- Jamaluddin, J., Molenaar, R., & Tooy, D. (2014). Kajian Isotermi Sorpsi Air dan Fraksi Air Terikat Kue Pia Kacang Hijau Asal Kota Gorontalo. *J. Ilmu dan Teknologi Pangan*, 2(1), 27–37.
- Lagoudaki, M., Demertzis, P. G., & Kontominas, M. G. (1993). Moisture Adsorption Behaviour of Pasta Products. *LWT - Food Science and Technology*, 26(6), 512–516.
- Lee, D. S., & Robertson, G. L. (2022). Shelf-life estimation of packaged dried foods as affected by choice of moisture sorption isotherm models. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(3), 1–9. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16335>
- Metaragakusuma, A. P., Katsuya, O., & Bai, H. (2016). An Overview of The Traditional Use of Sago for Sago-based Food Industry in Indonesia. *KnE Life Sciences*, 3(3), 119. <https://doi.org/10.18502/cls.v3i3.382>
- Rahmawati, R., Damayanthi, E., & Palupi, E. (2025). The nutritional content and physical characteristics of sago starch and oyster mushrooms as potential functional food

- ingredients. *BIO Web of Conferences*, 171, 03002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202517103002>
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. (2019). *SNI PASTA*. Badan Standarisasi Nasional.
- Swastika, A. D., & Juwitaningtyas, T. (2024). Pendugaan Umur Simpan Tepung Salak (*Salacca zalacca*) Menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Test (ASLT) Pendekatan Kadar Air Kritis. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 12(1), 46–54. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2024.012.01.05>
- Thompson, M. S., Dahari, S. I., Shamsuddin, M. S., Rashed, A. A., & Sarbini, S. R. (2021). Effects of sago starch on body weight, food intake, caecum short chain fatty acids, adipose tissue, and hepatic lipid content of fat-induced Sprague Dawley rats. *International Food Research Journal*, 28(5), 1057–1066. <https://doi.org/10.47836/ifrj.28.5.19>
- Tu, J., Brennan, M., & Brennan, C. (2021). An insight into the mechanism of interactions between mushroom polysaccharides and starch. *Current Opinion in Food Science*, 37, 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.07.005>
- Zhuang, J., Zhu, J., Cheung, P. C. K., & Li, C. (2024). The physical and chemical interactions between starch and dietary fiber: Their impact on the physicochemical and nutritional properties of starch. *Trends in Food Science & Technology*, 149, 104566. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104566>