



## Formulasi Bubur Siap Saji Berbahan Dasar Ubi Jalar Merah dan Labu Kuning dalam Kemasan Steril Komersial

[Formulation of Ready-to-Eat Porridge Made from Red Sweet Potato and Yellow Pumpkin in Commercially Sterile Packaging]

Sedarnawati Yasni\*, Nur Wulandari, dan Pazriyatul Aulad Dini

Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia

Received January 9<sup>th</sup> 2025 / Revised August 11<sup>st</sup> 2025 / Accepted September 4<sup>th</sup> 2025

### ABSTRACT

The increasing intensity of work activities has increased the public's demand for nutritious ready-to-eat (RTE) foods such as porridge. To meet this demand, this study developed commercially sterile ready-to-eat porridge made from red sweet potato (*Ipomoea batatas*) and yellow pumpkin (*Cucurbita moschata*) with the aim of optimizing the formulation and evaluating the physicochemical characteristics of ready-to-eat porridge in commercial sterile packaging. Based on the results of thermal process optimization from heat penetration test data, the sterilization process at a retort temperature of 121 °C for 35 min was able to achieve an  $F_0$  value of 5 min. Three formulas were tested based on the proportion of red sweet potato and yellow pumpkin, namely A1 (25:75), A2 (50:50), and A3 (75:25). Formula A3 was the selected formula based on color, taste, aroma, texture, and overall attributes. The color of the A3 formula porridge showed a significant change in the  $L^*$  parameter ( $\alpha < 0.05$ ), while the viscosity parameter did not change significantly after sterilization ( $\alpha > 0.05$ ). In terms of nutritional content, the A3 formula (150 g serving) has moisture (122.40 g), ash (1.34 g), protein (1.16 g), fat (1.91 g), carbohydrates (23.21 g), and energy (114.67 kcal). Moreover, the porridge also exhibited high antioxidant capacity (481.93 mg AEAC/g extract). These research showed that RTE porridge made from red sweet potato and yellow pumpkin, particularly Formula A3 provides a practical, nutrient-dense food option with extended shelf stability, aligning with contemporary consumer preferences for health and convenience.

**Keywords:** commercially sterile, formulation, ready-to-eat porridge, red sweet potato, yellow pumpkin

### ABSTRAK

Meningkatnya intensitas aktivitas kerja telah meningkatkan kecenderungan permintaan masyarakat terhadap pangan siap saji seperti bubur. Untuk memenuhi permintaan tersebut, penelitian ini mengembangkan bubur siap saji steril secara komersial yang terbuat dari ubi jalar merah (*Ipomoea batatas*) dan labu kuning (*Cucurbita moschata*) dengan tujuan mengoptimalkan formulasi dan mengevaluasi karakteristik fisikokimia bubur siap saji dalam kemasan steril komersial. Berdasarkan hasil optimasi proses termal dari data uji penetrasi panas, proses sterilisasi pada suhu retort 121 °C selama 35 menit mampu mencapai nilai  $F_0$  5 menit. Tiga formula diuji berdasarkan proporsi ubi jalar merah dan labu kuning, yaitu A1 (25:75), A2 (50:50), dan A3 (75:25). Formula A3 merupakan formula terpilih berdasarkan atribut warna, rasa, aroma, tekstur, dan keseluruhan. Warna bubur formula A3 menunjukkan perubahan secara signifikan pada parameter  $L^*$  ( $\alpha < 0,05$ ), sedangkan parameter viskositas tidak berubah secara signifikan setelah sterilisasi ( $\alpha > 0,05$ ). Dari segi kandungan nutrisi, formula A3 (sajian 150 g) memiliki kadar air (122,40 g), abu (1,34 g), protein (1,16 g), lemak (1,91 g), karbohidrat (23,21 g), dan energi (114,67 kkal). Selain itu, bubur tersebut juga menunjukkan kapasitas antioksidan yang tinggi (481,93 mg AEAC/g ekstrak). Penelitian ini menunjukkan bahwa bubur siap saji yang terbuat dari ubi jalar merah dan labu kuning, khususnya Formula A3 memberikan pilihan makanan praktis dan kaya nutrisi dengan daya tahan simpan yang lebih lama, sesuai dengan preferensi konsumen kontemporer terhadap kesehatan dan kemudahan.

**Kata kunci:** bubur siap saji, formulasi, labu kuning, steril komersial, ubi jalar merah

\*Penulis Korespondensi: E-mail: [sedarnawati@apps.ipb.ac.id](mailto:sedarnawati@apps.ipb.ac.id)

## PENDAHULUAN

Tingkat konsumsi pangan siap saji dan instan meningkat seiring dengan tingginya aktivitas kerja masyarakat dan menyumbang 28% dari total kalori penduduk perkotaan di Indonesia (Hartono, 2019). Inovasi bubur siap saji steril komersial diperlukan untuk memenuhi kebutuhan akan pangan praktis dan sehat. Selain itu, dapat menjadi solusi praktis karena mudah disajikan tanpa pemasakan, cocok untuk sarapan, dan memiliki umur simpan lama. Ubi jalar merah dan labu kuning dapat menjadi bahan dasar bubur karena ketersediaannya yang melimpah dan kandungan nutrisi tinggi seperti karbohidrat dan antioksidan.

Ubi jalar merah (*Ipomoea batatas*) merupakan pangan lokal alternatif pengganti nasi yang baik (Amalia, 2023), dengan warna daging oranye, bertekstur lembut, dan rasa yang tidak terlalu manis. Menurut Kementerian Pertanian (2021), total produksi ubi jalar merah di Jawa Barat, yaitu sebesar 402.162 ton, tetapi pengolahan dan pemanfaatannya masih terbatas. Umumnya, produk pangan olahan ubi jalar merah berupa ubi kukus, ubi goreng, bola-bola ubi, dan kolak. Minimnya variasi produk olahan ini menjadikan perlunya inovasi produk berbahan dasar ubi jalar merah yang dapat dinikmati oleh semua kalangan. Berdasarkan data Komposisi Pangan Indonesia dalam Kemenkes (2018), dalam 100 g ubi jalar merah terkandung air (61,9 g), energi (151 kJ), protein (1,6 g), lemak (0,3 g), karbohidrat (35,4 g), vitamin C, vitamin E, vitamin B6, polifenol, dan beta karoten sebesar 9,9 mg/100 g (Wulandari, 2018). Dengan potensi produksi dan kandungan gizinya, ubi jalar merah sangat potensial dikembangkan menjadi produk diversifikasi pangan.

Labu kuning atau waluh (*Cucurbita moschata*) adalah salah satu bahan pangan lokal yang tumbuh di dataran rendah maupun tinggi dengan produktivitas yang cukup tinggi di Indonesia mencapai 552.090 ton pada tahun 2022 (Tridge, 2022). Namun, tingkat konsumsi labu kuning di Indonesia cukup rendah, yaitu kurang dari 5 kg per kapita per orang setiap tahunnya karena umumnya dikonsumsi dalam bentuk kukusan atau olahan tertentu seperti kolak dan bubur pada waktu tertentu (Hatta dan Sandalayuk, 2020). Menurut Muliananda *et al.* (2024), dalam 100 g labu kuning mengandung kadar air (sebanyak 86,6 g), energi (sebesar 51,3 kkal), protein (sebanyak 1,7 g), lemak (sebesar 0,5 g), karbohidrat (sebanyak 10 g), dan serat (sebesar 2,7 g), dan beta karoten (3,1 mg). Berdasarkan kandungan gizi tersebut, labu kuning berpotensi sebagai bahan baku untuk diversifikasi pangan.

Ubi jalar merah dan labu kuning yang melimpah, tetapi belum banyak dimanfaatkan memiliki kandungan gizi yang dapat dikembangkan menjadi pangan lokal siap saji dengan umur simpan panjang.

Pengembangan produk bubur siap saji steril komersial berbahan dasar ubi jalar merah dan labu kuning penting untuk memenuhi kebutuhan pangan praktis dan bergizi bagi masyarakat. Pada produk steril komersial, proses sterilisasi dapat memengaruhi berbagai parameter seperti karakteristik fisikokimia, kandungan nutrisi, dan karakteristik sensori. Hal ini sesuai dengan penelitian Maherawati *et al.* (2022) pada produk pacri nanas kaleng menghasilkan penurunan warna akibat proses sterilisasi. Selain itu, pada produk kari ayam yang diteliti oleh Lee dan Shin (2023) menunjukkan penurunan pH, intensitas warna, dan peningkatan viskositas yang berpengaruh pada penerimaan konsumen. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, diperlukan acuan dalam pengendalian proses sterilisasi.

Nilai  $F_0$  menjadi indikator penting dalam proses sterilisasi untuk menjamin keamanan pangan terhadap spora *Clostridium botulinum*. Namun, nilai  $F_0$  yang terlalu tinggi dapat menurunkan mutu produk, termasuk perubahan warna, degradasi  $\beta$ -karoten, dan penurunan tekstur (Afni *et al.*, 2023; Hou *et al.*, 2020; Makori *et al.*, 2020). Oleh karena itu, proses sterilisasi dengan nilai  $F_0$  yang optimal diperlukan untuk menjaga kualitas fisik, kimia, dan sensori produk dalam kemasan steril komersial. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan formula bubur ubi jalar merah dan labu kuning, menentukan parameter sterilisasi dan produksi, serta mengevaluasi karakteristik fisikokimia bubur siap saji steril komersial yang paling disukai.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Komponen utama yang dimanfaatkan terdiri dari ubi jalar yang berwarna merah serta labu kuning (berasal dari Farmers Market di Kota Bogor, Jawa Barat). Selain itu, bahan tambahan yang digunakan mencakup susu skim cair komersial 1 L, garam beryodium, kaleng *tin plate two pieces can* dimensi 307×113, dan bahan analisis yaitu bahan kimia standar (Merck, Jerman).

### Penetapan formula bubur siap saji

Formulasi bubur siap saji diawali dengan pembuatan *mashed* ubi jalar merah dan *mashed* labu kuning, dilanjutkan dengan pembuatan bubur siap saji, dan karakterisasi fisik bubur siap saji. Pembuatan *mashed* ubi jalar merah dan labu kuning memiliki tahapan yang sama, yaitu daging ubi dan labu kuning dalam kondisi bersih diperkecil hingga berukuran 5×5×5 cm<sup>3</sup> dan dikukus. Ubi jalar merah dikukus di suhu 80 °C selama 20 menit, sementara labu kuning berada pada suhu yang sama, yaitu 80 °C selama 15 menit. Selanjutnya, ubi dan labu dihaluskan dengan *meat grinder* (Fomac, RRC) menjadi *mashed*.

Kemudian, penetapan formula yaitu A1 (25:75), A2 (50:50), dan A3 (75:25) dengan total perbandingan ubi dan labu kuning sebesar 130 g dan bahan pendukung lainnya sebesar 20 g. Tahap terakhir yaitu karakterisasi fisik warna dan viskositas pada bubur siap saji.

### Penentuan parameter sterilisasi dan produksi bubur siap saji steril komersial

Produksi bubur siap saji steril komersial diawali dengan penentuan parameter sterilisasi melalui pengujian validasi kecukupan panas pada *over-pressure retort* berbentuk *horizontal statis retort* (PT Abata Kausar Madani, Indonesia) yang digunakan. Uji yang dilakukan terdiri dari pengujian distribusi suhu (panas) dan uji perambatan (penetrasi) panas yang mengacu pada penelitian Kusnandar *et al.*, (2023) dengan modifikasi berupa jenis bahan dan dimensi kaleng yang berpengaruh terhadap hasil parameter sterilisasi. Penelitian yang diacu menggunakan produk jamur kancing dengan dimensi kaleng 300×407 pada kondisi sterilisasi yaitu 126 °C selama 10 menit dan nilai  $F_0$  10 menit. Penelitian yang dilakukan menggunakan produk bubur siap saji berbahan dasar ubi jalar merah dan labu kuning dengan dimensi kaleng 307×113 dengan parameter sterilisasi yang dikaji yaitu suhu, waktu, dan nilai  $F_0$  yang berpengaruh pada hasil penelitian ini. Pengujian distribusi panas pada retort yang digunakan, dilakukan menggunakan 15 termokopel (TC) dengan rincian, 1 TC pada pintu retort dan 14 TC yang dipasangkan pada keranjang retort. Grafik hubungan antara waktu dengan suhu termokopel digunakan untuk menentukan nilai waktu *venting, come up time* (CUT), titik terdingin pada *retort* serta mengevaluasi keseragaman penyebaran panas pada retort.

Selanjutnya dilakukan pengujian penetrasi panas untuk mengevaluasi perambatan panas pada produk dalam kemasan, menggunakan kaleng berisi sampel dengan bobot 150 g. Uji ini juga menggunakan 15 termokopel (TC) dengan posisi TC 1–TC 5 dan TC 8–TC 12 diletakkan di dalam kaleng, TC 6–TC 7 dan TC 13–14 diletakkan di luar kaleng, serta TC 15 diletakkan di dekat pintu retort. Data hasil uji penetrasi panas diolah menggunakan metode trapesium (*general method*) untuk menentukan nilai  $F_0$  aktual dengan *software Microsoft Excel 2019*. Dilakukan perhitungan *lethal rate* (LR), dan perhitungan nilai  $F_0$  pada setiap TC. Perhitungan nilai LR dan  $F_0$  dapat dilihat pada Persamaan 1 dan 2.

$$LR = 10^{\frac{T - T_{Ref}}{z}} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan: T= suhu hasil pengujian pada penetrasi panas (°C),  $T_{Ref}$ = suhu standar sterilisasi (121,1 °C),  $Z_{C. botulinum}$ = 10 °C

$$F_0 = \sum \left( \frac{LR_n + LR_{n-1}}{2} \right) \Delta t \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:  $F_0$ = nilai sterilisasi pada suhu 121,1 °C (menit),  $LR_n$ = *lethal rate* ke-n,  $\Delta t$ = selisih waktu setiap suhu selama proses sterilisasi (menit)

Desain alternatif proses sterilisasi untuk mendapatkan nilai  $F_0$  optimal yang memenuhi regulasi BPOM, dihitung menggunakan metode formula (*Ball*) menggunakan Persamaan 3 hingga 10.

$$B = P_t + 0,4 \text{ CUT} \dots\dots\dots (3)$$

$$f_h = \frac{2,303}{\text{slope}} \dots\dots\dots (4)$$

$$I = T_R - T_i \dots\dots\dots (5)$$

$$J = \frac{I}{f_h} \dots\dots\dots (6)$$

$$\log g = \log JI - \left( \frac{B}{f_h} \right) \dots\dots\dots (7)$$

$$F_i = 10^{\frac{121,1 - T}{z}} \dots\dots\dots (8)$$

$$F_0 = \frac{f_h}{\left( \frac{f_h}{U} \right) F_i} \dots\dots\dots (9)$$

$$U = F_i \times F_0 \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan: B= total waktu proses (menit),  $P_t$ = waktu proses sterilisasi (menit), CUT= waktu *retort* untuk mencapai suhu proses yang ditentukan (menit),  $f_h$ = waktu yang diperlukan untuk satu titik di kurva pemanasan berubah satu siklus log,  $T_i$ = suhu awal produk (°C),  $T_R$ = suhu *retort* yang ditentukan (°C), g= selisih antara suhu retort dengan suhu akhir produk yang telah mengalami proses termal,  $JI$ = perbedaan suhu *retort* dengan suhu awal semu, U= waktu pemanasan pada  $T_R$  senilai dengan  $F_0$ ,  $F_i$ = lama pemanasan pada suhu *retort* ( $T_R$ ) yang memengaruhi letalitas dengan pemanasan 1 menit pada suhu standar

Total kaleng yang digunakan pada kedua uji tersebut sebanyak 66 kaleng termasuk penggunaan kaleng *dummy* untuk memenuhi keranjang *retort* selama *retort* dioperasikan. Selama kedua uji tersebut berlangsung, kondisi kritikal yang perlu diperhatikan yaitu waktu *venting, Come Up Time* (CUT), proses sterilisasi, dan pendinginan (*cooling time*).

### Viskositas

Viskositas diukur mengacu pada Nawirska-Olszańska *et al.* (2011) dengan memasukkan sebanyak 130 g sampel ke dalam tabung gelas dengan *spindle* No. 4, kecepatan 6 rpm, waktu pengukuran 30 detik menggunakan Brookfield *viscometer* (Ametek, Amerika Serikat). Analisis viskositas dilakukan pada sampel sebelum disterilisasi dan setelah disterilisasi.

### Warna

Sampel diletakkan pada wadah gelas dan ditempelkan dengan kepala optik alat *Chromameter CR-300* (Minolta, Jepang) notasi CIE L\*, a\*, b\*, dan hue (h) berdasarkan Santana *et al.* (2022). Analisis warna dilakukan pada sampel sebelum disterilisasi dan setelah disterilisasi.

### Uji organoleptik

Uji *rating* hedonik digunakan untuk menentukan formulasi terbaik berdasarkan penilaian preferensi/tingkat kesukaan panelis pada atribut yang diujikan tanpa membandingkan hasil penilaian antar sampel. Atribut yang diujikan yaitu warna, aroma, rasa, tekstur, *overall*. Sampel yang disajikan berupa sampel dengan tiga formulasi berbeda. Jumlah panelis yang terlibat sebanyak 70 panelis tidak terlatih (panelis konsumen) sesuai dengan aturan evaluasi sensori yang mengacu pada Meilgaard *et al.* (2007).

### Analisis proksimat

Analisis proksimat meliputi pengukuran kandungan air, abu, lemak, protein, dan karbohidrat mengacu pada standar yang ditetapkan oleh AOAC (2012).

### Analisis kapasitas antioksidan

Analisis kapasitas antioksidan diawali dengan pembuatan ekstrak sampel hasil proses ekstraksi dengan *ultrasonic bath* (Branson, Amerika Serikat) dan diencerkan dengan metanol sebanyak 1:5. Selanjutnya, analisis antioksidan DPPH dilakukan dengan menambahkan 10 mL ekstrak sampel hasil pengenceran dan 3 mL DPPH 0,4 mM. Setelah itu sampel disimpan dalam kondisi tertutup pada suhu kamar selama 30 menit untuk proses inkubasi.

Selanjutnya, pengukuran absorbansi dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, Jepang) pada panjang gelombang 517 nm dan hasilnya diplotkan ke dalam kurva standar asam askorbat.

### Analisis statistika

Penelitian ini menerapkan metode rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu faktor, yaitu perbandingan antara konsentrasi *mashed* ubi jalar merah dan *mashed* labu kuning. Tiga variasi perbandingan yang digunakan adalah: A1 (25:75), A2 (50:50), dan A3 (75:25). Analisis data hasil uji organoleptik dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excel 2019* dan *IBM® SPSS® Statistics* versi 26 yang diterapkan untuk analisis ANOVA dan uji T. Apabila terdapat perbedaan signifikan, dilakukan uji lanjut dengan DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) akan dilakukan pada tingkat signifikansi 5% ( $\alpha < 0,05$ ).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Formulasi dan karakteristik fisik bubur siap saji sebelum sterilisasi

Bubur siap saji terdiri dari tiga formula dengan proporsi ubi jalar merah dan labu kuning yang berbeda, yaitu A1 (25:75), A2 (50:50), A3 (75:25) serta menggunakan susu skim cair dan garam dengan persentase yang sama. Penetapan formula tersebut didasarkan pada hasil *trial* dan *error* sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil formula pada Tabel 1 adalah bubur siap saji dengan karakteristik warna seperti yang tertera pada Tabel 2. Pada Tabel 2 ditunjukkan hasil parameter L\*, a\*, b\*, dan hue setiap formula yang berbeda nyata pada taraf signifikansi ( $\alpha < 0,05$ ). Produk dengan jumlah ubi jalar merah dan labu kuning yang seimbang memiliki nilai kemerahan dan kekuningan tertinggi, sedangkan formula A3 memiliki nilai L\* tertinggi dan formula A1 memiliki nilai hue tertinggi. Formula A1 memiliki viskositas tertinggi dibandingkan dengan formula lainnya, dengan perbedaan yang signifikan pada taraf ( $\alpha < 0,05$ ), sedangkan viskositas formula A2 dan A3 tidak berbeda nyata.

Tabel 1. Formulasi bubur siap saji dalam kemasan steril komersial

Table 1. Ready-to-eat porridge formula in commercial sterile packaging

| Bahan Baku<br>(Raw Materials)                                       | Formula (%b/b) |            |            |
|---------------------------------------------------------------------|----------------|------------|------------|
|                                                                     | A1 (25:75)     | A2 (50:50) | A3 (75:25) |
| <i>Mashed</i> ubi jalar merah ( <i>Mashed of red sweet potato</i> ) | 21.67          | 43.33      | 65.00      |
| <i>Mashed</i> labu kuning ( <i>Mashed of yellow pumpkin</i> )       | 65.00          | 43.33      | 21.67      |
| Susu skim cair ( <i>Liquid skim milk</i> )                          | 13.80          | 13.80      | 13.80      |
| Garam ( <i>Salt</i> )                                               | 0.33           | 0.33       | 0.33       |

Tabel 2. Warna bubur siap saji seluruh formula sebelum sterilisasi

Table 2. Color of ready-to-eat porridge of all formulas before sterilization

| Parameter | Formula (%b/b)          |                         |                         |
|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|           | A1 (25:75)              | A2 (50:50)              | A3 (75:25)              |
| L*        | 54.40±0.50 <sup>a</sup> | 56.53±0.17 <sup>b</sup> | 57.39±0.26 <sup>c</sup> |
| a*        | 17.06±0.06 <sup>b</sup> | 19.08±0.85 <sup>c</sup> | 16.63±0.12 <sup>a</sup> |
| b*        | 60.56±0.35 <sup>b</sup> | 61.53±0.45 <sup>c</sup> | 57.11±0.05 <sup>a</sup> |
| Hue (h)   | 74.31±0.11 <sup>c</sup> | 72.77±0.06 <sup>a</sup> | 73.36±0.09 <sup>b</sup> |

Keterangan: Nilai rata-rata pada baris yang sama diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan uji Duncan *Multiple Range Test* pada taraf signifikansi ( $\alpha < 0,05$ )

Note: The average value in the same row followed by different letters indicates a significant difference based on the Duncan *Multiple Range Test* at the significance level ( $\alpha < 0.05$ )

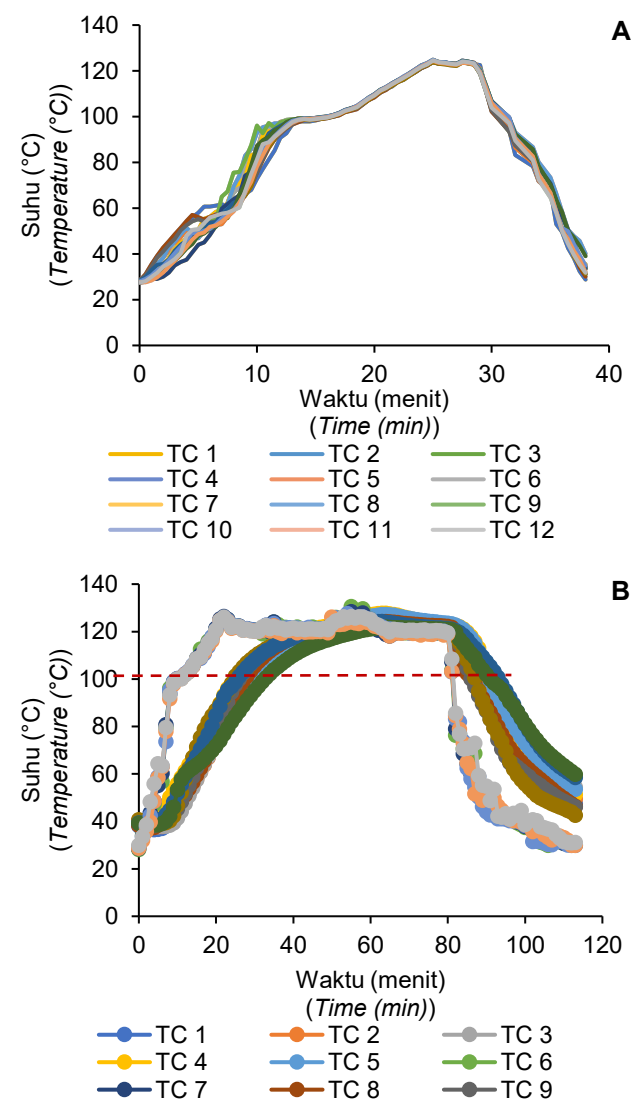
Perbedaan viskositas dapat disebabkan karena perbedaan kandungan pati, serat pangan, dan kadar air dalam produk. Pati merupakan jenis polisakarida yang memiliki kemampuan menyerap air dan membentuk gel sehingga dapat meningkatkan viskositas ketika mengalami proses pemanasan (Yuliansar *et al.*, 2020). Menurut Wang *et al.* (2020), kandungan pati pada ubi jalar merah sekitar 40%, sedangkan pada labu kuning sekitar 90% (Nakhon *et al.*, 2017). Indrianti *et al.* (2019) juga menyatakan semakin besar kandungan pati, maka semakin besar pula nilai viskositas produk.

#### Parameter sterilisasi dan produksi bubur siap saji steril komersial

Tahap pertama kajian validasi kecukupan panas adalah uji distribusi panas. Hasil uji distribusi panas dinyatakan dalam bentuk grafik (Gambar 1) yang digunakan untuk menentukan waktu *venting*, *come up time* (CUT), *processing time*, dan *cooling* selama proses sterilisasi (Kusnandar *et al.*, 2023). Uji distribusi panas digunakan untuk menentukan titik terdingin *retort* dan melihat keseragaman penyebaran panas pada *retort* sebagai indikasi apakah *retort* beroperasi dengan baik. Waktu *venting* ditentukan selama 20 menit, CUT selama 24 menit untuk mencapai suhu sterilisasi 121 °C, dan waktu sterilisasi berlangsung selama ±5 menit pada suhu 121 °C dengan *cooling* selama 8 menit hingga mencapai suhu 50 °C. Selain itu, titik terdingin dari *retort* yang digunakan ditemukan pada TC 14.

Tahap berikutnya adalah uji penetrasi panas untuk memastikan seluruh produk menerima kecukupan panas yang merata dalam *retort*. Data perubahan suhu pada setiap titik pengukuran digunakan untuk menentukan nilai  $F_0$  dan divisualisasikan dalam grafik profil suhu. Gambar 2 menunjukkan lima titik TC (6, 7, 13, 14, dan 15) menyimpang jauh dari sepuluh TC lainnya karena perbedaan posisi, dengan TC di luar kaleng menerima panas lebih besar. Kondisi sterilisasi dilakukan selama 60 menit pada suhu *retort* 121 °C, selanjutnya dilakukan *shock cooling* selama 30 menit hingga suhu mencapai 50 °C. Data suhu diolah menjadi nilai *lethal rate* (LR) yang diplot pada grafik untuk mendapatkan nilai  $F_0$  yang

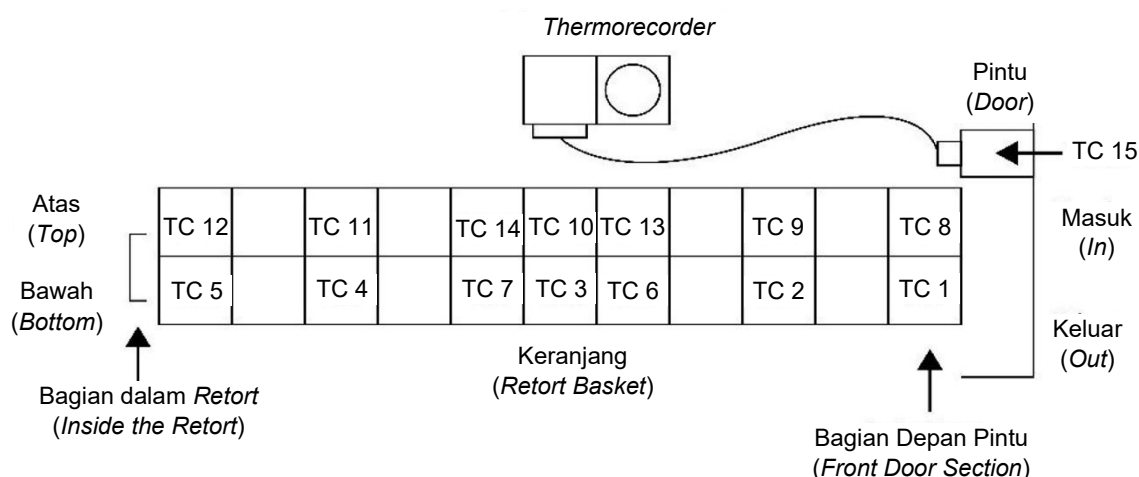
disajikan pada Tabel 3, menggunakan metode trapesium (*general method*).



Keterangan: A= Kurva profil distribusi panas, B= Grafik kurva penetrasi panas bubur siap saji

Note: A= Heat distribution profile curve, B= Heat penetration graph of ready-to-eat porridge

Gambar 1. Grafik kecukupan panas  
Figure 1. Heat sufficiency graph



Gambar 2. Posisi penempatan kaleng pada uji penetrasi panas  
Figure 2. The position of cans in heat penetration test

Tabel 3 menunjukkan nilai  $F_0$  minimal 34,41 menit berdasarkan TC 12, sesuai dengan regulasi BPOM No. 27 Tahun 2021 yang mensyaratkan nilai  $F_0$  minimal 3,0 menit. Nilai ini memastikan bahwa semua titik telah memenuhi persyaratan keamanan sehingga produk bubur siap saji aman untuk dikonsumsi. Namun, nilai  $F_0$  sebesar 34,41 menit dianggap terlalu besar dan dapat menyebabkan *overcooked* serta merusak kandungan gizi produk. Oleh karena itu, diperlukan desain optimasi menggunakan metode formula (*Ball*) untuk mendapatkan nilai  $F_0$  yang lebih kecil namun masih memenuhi regulasi BPOM yaitu 5,0 menit. Perhitungan ini dilakukan pada data suhu TC 12 untuk menunjukkan nilai  $F_0$  minimal dan sebagai faktor keamanan serta menghasilkan data perhitungan parameter lain pada Tabel 4.

Tabel 3. Nilai  $F_0$  kumulatif setiap TC bubur siap saji dalam kemasan steril komersial

Table 3. Cumulative  $F_0$  value of each TC of ready-to-eat porridge in commercial sterile packaging

| Termokopel (TC)<br>(Thermocouple (TC)) | $F_0$ (menit)<br>( $F_0$ (min)) |
|----------------------------------------|---------------------------------|
| TC 1                                   | 64.17                           |
| TC 2                                   | 70.04                           |
| TC 3                                   | 65.43                           |
| TC 4                                   | 106.66                          |
| TC 5                                   | 96.32                           |
| TC 8                                   | 59.86                           |
| TC 9                                   | 55.22                           |
| TC 10                                  | 42.96                           |
| TC 11                                  | 57.50                           |
| TC 12                                  | 34.41                           |

Berdasarkan Tabel 4, nilai  $F_0$  5 menit dapat dicapai dengan waktu proses sterilisasi pada suhu *retort* 121 °C selama 34,28 menit, yang secara aktual waktu proses yang digunakan adalah 35 menit

menyesuaikan dengan kondisi pengaturan suhu pada *retort*. Kondisi tersebut digunakan sebagai proses sterilisasi produk bubur siap saji steril komersial yaitu pada suhu *retort* 121 °C selama 35 menit dan tekanan yang digunakan yaitu 15–20 Psi. Waktu proses yang cukup panjang untuk mencapai nilai  $F_0$  5 menit, menunjukkan penetrasi suhu ke dalam produk di dalam kaleng berlangsung cukup lambat, yang diduga akibat bentuk sampel bubur yang semi-solid memiliki laju perambatan panas yang rendah. Selain itu, diduga suplai uap yang dialirkan ke dalam *retort* juga kurang kuat.

#### Karakteristik sensori bubur siap saji dalam kemasan steril komersial

Berdasarkan Tabel 5, hasil uji statistik menunjukkan tingkat kesukaan atribut warna bubur setiap formulasi berbeda nyata ( $\alpha < 0,05$ ). Akan tetapi, hasil uji statistik pada tingkat kesukaan aroma, rasa, tekstur, dan *overall* bubur pada formula A1 dan A2 tidak berbeda nyata ( $\alpha > 0,05$ ), sedangkan keduanya berbeda nyata dengan formula A3 ( $\alpha < 0,05$ ). Hasil uji *rating* hedonik pada Tabel 5 menunjukkan skor kesukaan warna bubur berkisar antara 4,04–5,69. Panelis lebih menyukai bubur dengan proporsi ubi jalar merah 75% dibandingkan dengan proporsi ubi jalar merah 50 dan 25%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa panelis lebih menyukai bubur dengan penambahan ubi jalar merah terbanyak yang menghasilkan warna kuning oranye dengan warna oranye yang mendominasi.

Aroma merupakan salah satu atribut yang dapat menarik minat konsumen maupun sebaliknya. Menurut Octavia *et al.* (2023), ubi jalar merah dan labu kuning memiliki aroma yang khas yang disebabkan oleh keberadaan senyawa volatil. Ubi jalar merah mengandung senyawa volatil, yaitu heksanal, 2-pentyl-furan, dan *trans-beta-ionon* yang berkontribusi

terhadap aroma khas ubi (Yao *et al.*, 2023), sedangkan labu kuning mengandung senyawa volatil, yaitu heksana, *trans-geranyl acetone*, dan  $\beta$ -ionone (García-Parra *et al.*, 2020). Berdasarkan Tabel 5, hasil uji *rating* hedonik menunjukkan skor kesukaan aroma bubur berkisar antara 4,89–5,54. Panelis menyukai aroma produk yang menonjolkan salah satu bahan baku (ubi jalar merah maupun labu kuning) dibandingkan proporsi bahan baku yang seimbang. Hasil pada Tabel 5 menunjukkan panelis lebih menyukai aroma formula dengan jumlah ubi jalar merah terbanyak dibandingkan dengan formula lainnya. Hal ini disebabkan oleh hasil reaksi Maillard yang memicu timbulnya senyawa volatil seperti  $\beta$ -ionon, furan, dan *furfural* yang terbentuk dari reaksi antara penambahan ubi jalar merah dan labu kuning dengan susu skim (Wang dan Kays, 2001; Yao *et al.*, 2023).

Rasa berperan penting dalam menentukan kesukaan konsumen. Hasil uji *rating* hedonik pada Tabel 5 menunjukkan skor kesukaan rasa bubur berkisar antara 4,13–5,23. Panelis lebih menyukai rasa pada formula dengan ubi jalar merah terbanyak karena menghasilkan rasa manis yang khas dari hasil reaksi Maillard yang disertai dengan aroma *caramel*, *roasted*, maupun *burnt* (Bolkvadze *et al.*, 2024).

Tekstur merupakan salah satu atribut sensori yang berkaitan dengan hal sentuhan, penglihatan, mekanik, dan rasa. Menurut Rahayu (2022), penilaian tekstur dapat meliputi keras, halus, basah, kering, kasar, dan berminyak. Hasil uji *rating* hedonik pada Tabel 5 menunjukkan skor kesukaan panelis berkisar antara 4,53–5,41. Panelis menyukai tekstur pada formula A3 karena lebih padat bila dibandingkan dengan formula lainnya. Menurut Fajariyanti dan Oktafa (2022), tekstur dipengaruhi oleh kadar air, pati, dan serat pangan. Kadar pati dan serat pangan berasosiasi dalam menyerap air dan meningkatkan

kekentalan. Semakin banyak kadar pati dan serat, maka tekstur bubur semakin kental, begitupun sebaliknya. Secara keseluruhan (*overall*), hasil uji *rating* hedonik pada Tabel 5 menunjukkan tingkat kesukaan panelis berkisar antara 4,36–5,43. Formula A3 memiliki skor rata-rata kesukaan keseluruhan tertinggi sehingga menjadi formula terpilih secara keseluruhan, yang artinya lebih disukai panelis dibandingkan formula lainnya.

### Karakteristik fisik bubur siap saji dalam kemasan steril komersial

Berdasarkan Tabel 6, proses sterilisasi memengaruhi tingkat kecerahan warna produk. Nilai  $L^*$  mengalami penurunan setelah sterilisasi, yang menunjukkan warna yang menjadi lebih gelap dan lebih pekat. Kondisi tersebut sesuai dengan penelitian Hou *et al.* (2020) terhadap ubi jalar merah panggang yang juga mengalami penurunan nilai  $L^*$  pada ubi jalar merah segar dan setelah dipanggang.

Berdasarkan parameter  $a^*$ ,  $b^*$ , dan *hue*, produk bubur siap saji steril komersial tidak berbeda nyata ketika sebelum dan setelah mengalami sterilisasi sehingga tidak memengaruhi nilai kemerahan dan kekuningan pada produk ( $\alpha > 0,05$ ). Nilai  $a^*$  dan  $b^*$  mengalami peningkatan intensitas warna merah dan kuning setelah sterilisasi, berbeda dengan nilai *hue* yang mengalami penurunan posisi sudut dalam merepresentasikan karakteristik warna. Penurunan nilai  $L^*$  dan *hue* serta peningkatan nilai  $a^*$  dan  $b^*$  dapat dipengaruhi oleh reaksi Maillard sehingga menghasilkan perubahan warna menjadi lebih gelap dan kecokelatan serta peningkatan warna merah dan kuning pada produk. Adapun pigmen cokelat yang dihasilkan dari reaksi tersebut adalah melanoidin (Ridhani dan Aini, 2021).

Tabel 4. Perhitungan dengan metode formula (*Ball*) produk bubur siap saji dalam kemasan steril komersial  
Table 4. Calculation using the formula method (*Ball*) for ready-to-eat porridge products in commercial sterile packaging

| Parameter                                                         | Nilai<br>(Value) | Satuan<br>(Unit)                               |
|-------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------|
| <i>Come Up Time</i> (CUT)                                         | 20.00            | Menit (min)                                    |
| Suhu awal produk ( $T_i$ ) ( <i>Initial product temperature</i> ) | 39.25            | °C                                             |
| Suhu <i>retort</i> (TR) ( <i>Retort temperature</i> )             | 121.00           | °C                                             |
| $F_0$ target ( <i>Target <math>F_0</math></i> )                   | 5.00             | Menit (min)                                    |
| $F_i$                                                             | 1.02             |                                                |
| U                                                                 | 5.12             | Menit (min)                                    |
| $I = T_r - T_i$                                                   | 81.75            | °C                                             |
| $J = I/I$                                                         | 1.53             |                                                |
| JI                                                                | 124.93           | Dari kurva ( <i>From the curve</i> )           |
| Log g                                                             | 0.74             | Dibaca pada tabel ( <i>Read in the table</i> ) |
| $\text{Log } g = \log JI - B/fh$                                  | 1.35             |                                                |
| Fh/U                                                              | 4.95             | Dibaca pada tabel ( <i>Read in the table</i> ) |
| $Fh = 2,303/\text{slope}$                                         | 25.31            | Dari kurva ( <i>From the curve</i> )           |
| $B = Pt + 0,4 \cdot \text{CUT}$                                   | 42.23            | Menit (Min)                                    |
| Waktu proses (Pt) ( <i>Processing time (Pt)</i> )                 | 34.28            | Menit (Min)                                    |

Tabel 5. Skor rata-rata tingkat kesukaan panelis terhadap bubur siap saji dalam kemasan steril komersial

Table 5. Average score of panelists' preference level for ready-to-eat porridge in commercial sterile packaging

| Atribut<br>(Attribute)   | Formula           |                   |                   |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                          | A1 (25:75)        | A2 (50:50)        | A3 (75:25)        |
| Warna<br>(Color)         | 4.04 <sup>a</sup> | 4.76 <sup>b</sup> | 5.69 <sup>c</sup> |
| Aroma                    | 5.01 <sup>a</sup> | 4.89 <sup>a</sup> | 5.54 <sup>b</sup> |
| Rasa<br>(Taste)          | 4.13 <sup>a</sup> | 4.34 <sup>a</sup> | 5.23 <sup>b</sup> |
| Tekstur<br>(Texture)     | 4.53 <sup>a</sup> | 4.64 <sup>a</sup> | 5.41 <sup>b</sup> |
| Keseluruhan<br>(Overall) | 4.36 <sup>a</sup> | 4.61 <sup>a</sup> | 5.43 <sup>b</sup> |

Keterangan: A1= proporsi ubi jalar merah dan labu kuning (25:75), A2= proporsi ubi jalar merah dan labu kuning (50:50); A3= proporsi ubi jalar merah dan labu kuning (75:25). Skor rata-rata pada baris yang sama diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan uji Duncan *Multiple Range Test* pada taraf signifikansi ( $\alpha < 0.05$ ). Skala hedonik: (1) sangat tidak suka, (2) tidak suka, (3) agak tidak suka, (4) netral, (5) agak suka, (6) suka, (7) sangat suka

Note: A1= Proportion of red sweet potato and yellow pumpkin (25:75), A2= proportion of red sweet potato and yellow pumpkin (50:50), A3= proportion of red sweet potato and yellow pumpkin (75:25). The average score in the same row followed by different letters indicates a significant difference based on the Duncan *Multiple Range Test* at the significance level ( $\alpha < 0.05$ ). Hedonic scale: (1) very dislike, (2) dislike, (3) somewhat dislike, (4) neutral, (5) somewhat like, (6) like, (7) very like

Viskositas merupakan derajat kekentalan suatu bahan pangan sehingga berpengaruh terhadap penentuan tekstur produk (Husain *et al.*, 2020). Viskositas bubur siap saji steril komersial pada Tabel 6 menunjukkan tidak berbeda nyata antara sebelum dan setelah mengalami sterilisasi sehingga proses

sterilisasi tidak memengaruhi viskositas produk. Akan tetapi, peningkatan viskositas produk dapat disebabkan karena terjadinya gelatinisasi pati. Menurut Afni *et al.* (2023), gelatinisasi pati terjadi ketika pati dipanaskan dengan adanya air menyebabkan granula pati kehilangan struktur molekulnya sehingga air dapat merusak struktur tersebut dan mampu menyerap air (*swelling*).

#### Karakteristik kimia bubur siap saji dalam kemasan steril komersial

Karakteristik kimia bubur siap saji steril komersial dapat dilihat pada Tabel 7. Bubur ini memiliki kadar air cukup tinggi, yaitu sebesar 122,40 g/150 g setara dengan 81,60 g/100 g. Kandungan air tersebut menghasilkan tekstur yang lembut, tetapi memiliki umur simpan rendah (Hadi *et al.*, 2021) sehingga produk yang disterilisasi diharapkan memiliki umur simpan yang panjang. Bubur siap saji steril komersial juga mengandung mineral berupa zat besi, fosfor, kalium, kalsium, dan selenium dengan kadar abu sebesar 1,34 g/150 g yang setara dengan 0,89 g/100 g. Bubur ini juga mengandung protein sebesar 1,16 g/150 g yang setara dengan 0,77 g/100 g untuk membangun dan memelihara jaringan tubuh (Twinomuhwezi *et al.*, 2020). Rendahnya kadar protein tersebut disebabkan oleh penggunaan bahan baku utama yaitu ubi jalar merah dan labu kuning bukan merupakan pangan sumber protein, meskipun terdapat penambahan susu skim cair dengan kandungan protein sebesar 3,5 g/100 g sebanyak 13,80%.

Bubur ini juga mengandung lemak sebesar 1,91 g/150 g setara dengan 1,27 g/100 g yang berperan untuk mengatur transportasi vitamin A, D, E, K, dan menyediakan cadangan makanan (Nurmawi *et al.*, 2024). Kandungan lemak tersebut tergolong rendah menurut PerBPOM No. 1 Tahun 2022 sehingga dapat di klaim sebagai pangan rendah lemak.

Tabel 6. Warna dan viskositas bubur siap saji dalam kemasan steril komersial formula A3 sebelum dan sesudah sterilisasi

Table 6. Color and viscosity of ready-to-eat porridge in commercial sterile packaging of formula A3 before and after sterilization

| Parameter                      | Sebelum (Before)          | Setelah (After)           |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| L*                             | 57.39±0.26 <sup>b</sup>   | 55.32±0.17 <sup>a</sup>   |
| a*                             | 16.63±0.12 <sup>a</sup>   | 19.75±0.13 <sup>a</sup>   |
| b*                             | 57.11±0.05 <sup>a</sup>   | 63.37±0.06 <sup>a</sup>   |
| Hue (h)                        | 73.36±0.09 <sup>a</sup>   | 72.69±0.01 <sup>a</sup>   |
| Viskositas (P) (Viscosity (P)) | 673.33±52.04 <sup>a</sup> | 755.00±13.23 <sup>a</sup> |

Keterangan: Nilai L\*= Tingkat kecerahan, a\*= nilai kemerahan (+) dan kehijauan (-), b\*= nilai kekuningan (+) dan kebiruan (-), hue= karakteristik warna berdasarkan sudut yang dihitung dari sumbu a\*. Angka yang diikuti huruf *superscript* yang berbeda menunjukkan beda nyata pada signifikansi ( $\alpha < 0.05$ ) pada baris yang sama

Note: L\* value = Brightness level, a\* = reddish (+) and greenish (-) value, b\* = yellowish (+) and bluish (-) value, hue = color characteristic based on the angle calculated from a\* axis. Numbers followed by different superscript letters indicate significant differences ( $\alpha < 0.05$ ) in the same row

Tabel 7. Hasil analisis proksimat bubur siap saji dalam kemasan steril komersial formula A3 dan *puree* ubi jalar merah dalam kemasan steril komersial (Truong *et al.*, 2018)

Table 7. Proximate analysis results of ready-to-serve porridge in commercial sterile packaging formula A3 and red sweet potato puree in commercial sterile packaging (Truong *et al.*, 2018)

| Parameter                                                     | Bubur dianalisis (g/150 g)<br>(Porridge analyzed (g/150 g)) | <i>Puree</i> ubi jalar merah<br>(Truong <i>et al.</i> , 2018)<br>(g/150 g)<br>(Red sweet potato puree<br>(Truong <i>et al.</i> , 2018)<br>(g/150 g)) |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kadar air (%bb) ( <i>Moisture content (%wb)</i> )             | 122.40                                                      | 110.82                                                                                                                                               |
| Kadar abu (%bk) ( <i>Ash content (%db)</i> )                  | 1.34                                                        | 0.59                                                                                                                                                 |
| Kadar protein (%bk) ( <i>Protein content (%db)</i> )          | 1.16                                                        | 2.97                                                                                                                                                 |
| Kadar lemak (%bk) ( <i>Fat content (%db)</i> )                | 1.91                                                        | 0.30                                                                                                                                                 |
| Kadar karbohidrat (%bk) ( <i>Carbohydrate content (%db)</i> ) | 23.21                                                       | 34.79                                                                                                                                                |
| Kalori (kkal) ( <i>Calori (kcal)</i> )                        | 114.67                                                      | 153.74                                                                                                                                               |

Keterangan: Formula A3 merupakan formula terpilih dengan proporsi ubi jalar merah dan labu kuning (75:25)

Note: Formula A3 is a selected formula with a proportion of red sweet potato and yellow pumpkin (75:25)

Rendahnya kadar lemak ini disebabkan oleh bahan baku ubi jalar merah dan labu kuning, sehingga bubur siap saji ini dapat menjadi pilihan pangan sehat dengan umur simpan panjang. Kandungan karbohidrat dalam bubur ini sebesar 23,21 g/150 g yang setara dengan 15,47 g/100 g yang berperan sebagai sumber energi utama bagi tubuh (Eliza *et al.*, 2023). Tingginya karbohidrat pada bubur dikarenakan ubi jalar merah dan labu kuning merupakan sumber pangan alternatif yang mengandung serat yang mudah larut (Amalia, 2023; Nurjanah *et al.*, 2020). Keberadaan serat mudah larut (*soluble dietary fiber*) berperan untuk menyerap kandungan lemak dalam usus, membantu mengurangi kolesterol dalam darah, dan mengurangi risiko kardiovaskuler (Alamsyah, 2019; Mayanda, 2024). Oleh karena itu, bubur siap saji berbahan dasar ubi jalar merah dan labu kuning dalam kemasan steril komersial merupakan solusi alternatif pangan sehat yang mengenyangkan.

Peraturan Kemenkes RI No. 28 Tahun 2019 menetapkan standar angka kecukupan protein yang dianjurkan bagi masyarakat Indonesia sekitar 55–58 g/hari untuk perempuan dan 50–64 g/hari untuk laki-laki, sedangkan standar angka kecukupan karbohidrat yang dianjurkan bagi masyarakat Indonesia sekitar 200–360 g/hari untuk perempuan dan 235–430 g/hari untuk laki-laki. Berdasarkan regulasi tersebut, bubur siap saji steril komersial telah memenuhi sekitar 1,99–2,10% kebutuhan protein harian perempuan dan 1,80–2,31% kebutuhan protein harian laki-laki, serta sekitar 6,45–11,60% kebutuhan karbohidrat harian perempuan dan 5,40–9,87% kebutuhan karbohidrat harian laki-laki.

Di sisi lain, Permenkes No. 75 Tahun 2013 menetapkan kebutuhan energi masyarakat Indonesia sebesar 2.150 kilokalori (kkal) per hari. PerBPOM No. 1 Tahun 2022 juga menyatakan produk pangan padat dikatakan rendah kalori apabila mengandung tidak lebih dari 40 kkal per 100 g dan bebas kalori apabila

mengandung 4 kkal per 100 g. Karbohidrat, lemak, dan protein merupakan zat gizi yang mengandung kalori sebagai nutrisi tubuh. Tiap gram karbohidrat dan protein rata-rata mengandung 4 kkal, sedangkan pada lemak rata-rata mengandung 9 kkal (Zahra dan Muhlisin, 2020). Berdasarkan data kandungan gizi pada Tabel 7, diperoleh total kalori bubur siap saji steril komersial sebesar 114,67 kkal dan telah memenuhi jumlah 5,33% kebutuhan kalori harian masyarakat Indonesia.

Berdasarkan Tabel 7, hasil analisis produk yang dianalisis dibandingkan dengan *puree* ubi jalar merah dari penelitian Truong *et al.*, (2018) didapatkan kadar air produk yang dianalisis sebesar 122,40 g/150 g yang lebih tinggi dari produk sejenis sebesar 110,82 g/150 g. Kadar abu produk yang dianalisis sebesar 1,34 g/150 g yang lebih tinggi dari produk sejenis sebesar 0,59 g/150 g. Kadar lemak produk yang dianalisis sebesar 1,91 g/150 g yang lebih tinggi dari produk sejenis sebesar 0,30 g/150 g. Meskipun kadar lemak produk dianalisis lebih tinggi, tetapi keduanya telah memenuhi klaim pangan rendah lemak. Produk yang dianalisis juga mengandung protein sebesar 1,16 g/150 g yang lebih rendah dari produk sejenis sebesar 2,97 g/150 g.

Produk yang dianalisis mengandung karbohidrat sebesar 23,21 g/150 g yang lebih rendah dari produk sejenis sebesar 34,79 g/150 g. Hal ini disebabkan oleh penggunaan kombinasi ubi jalar merah dan labu kuning pada produk dianalisis, sedangkan produk sejenis adalah 100% ubi jalar merah. Produk dianalisis berkontribusi terhadap total kalori sebesar 114,67 kkal/150 g yang lebih rendah dari produk sejenis sebesar 153,74 kkal/150 g. Oleh karena itu, berdasarkan data kandungan gizi yang diperoleh bahwa produk bubur siap saji berbahan dasar ubi jalar merah dan labu kuning dalam kemasan steril komersial merupakan solusi alternatif pangan sehat rendah kalori, rendah lemak, namun tetap dapat mengenyangkan.

## Kapasitas antioksidan bubur siap saji steril dalam kemasan komersial

Hasil analisis kapasitas antioksidan bubur siap saji steril komersial formula A3 diperoleh sebesar 481,93 mg AEAC/g ekstrak sampel yang lebih besar bila dibandingkan dengan produk ubi jalar merah sebesar 270 mg AEAC/g (Makori *et al.*, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa beta karoten sebagai antioksidan berperan mencegah kerusakan oksidatif pada membran sel imun (Kondororik *et al.*, 2017). Kerusakan tersebut dapat memicu timbulnya berbagai jenis penyakit seperti inflamasi dan kanker (Suryadinata, 2018). Oleh karena itu, berdasarkan nilai kapasitas antioksidan yang diperoleh, bubur siap saji dalam kemasan steril komersial berpotensi sebagai alternatif pangan yang berkontribusi dalam menjaga kesehatan tubuh terutama dari kerusakan oksidatif.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji penetrasi panas dan desain proses alternatif yang disusun, bubur siap saji steril komersial berbahan dasar ubi jalar merah dan labu kuning yang disterilisasi pada suhu 121 °C selama 35 menit dapat mencapai nilai  $F_0$  sebesar 5 menit. Nilai  $F_0$  tersebut telah memenuhi persyaratan regulasi yaitu  $F_0 \geq 3,0$  menit terhadap spora *C. botulinum*. Dari tiga formula dengan rasio ubi jalar merah dan labu kuning yang berbeda, dapat ditetapkan bahwa formula A3 (75:25) merupakan formula terbaik berdasarkan uji *rating* hedonik pada atribut warna, rasa, aroma, tekstur, dan secara keseluruhan (*overall*). Pada formula A3, bubur ini dalam 150 g per sajian mengandung kadar air sebesar 81,60%, kadar abu 0,89%, kadar protein 0,77%, kadar lemak 1,27%, kadar karbohidrat 15,47%, total energi 114,67 kkal, dan kapasitas antioksidan sebesar 481,93 mg AEAC/g ekstrak sampel. Selain itu, bubur ini juga memiliki tingkat kecerahan ( $L^*$ ) sebesar 55,32, nilai kemerahan ( $a^*$ ) sebesar 19,75, nilai kekuningan ( $b^*$ ) sebesar 63,37, nilai *hue* sebesar 72,69°, dan viskositas sebesar 755 P. Bubur ini dapat menjadi pilihan pangan siap saji yang praktis dan bergizi dengan formula A3 sebagai formula terpilih yang mengandung proporsi ubi jalar merah tertinggi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Fasilitas penelitian dan dukungan pendanaan untuk studi ini disediakan oleh Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, IPB University melalui pembiayaan pribadi tim pembimbing.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afni, S. E., Fardiaz, D., & Andarwulan, N. (2023). Karakteristik kimia, fisik dan sensori *instant mashed sweet potato*. *Jurnal Teknologi Pangan dan Kesehatan (The Journal of Food Technology and Health)*, 5(1), 33–41. <https://doi.org/10.36441/jtepakes.v5i1.1825>
- Alamsyah, M. A. B. O. (2019). Pengaruh glukomanan terhadap penurunan risiko penyakit stroke iskemik. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, 10(2), 292–298. <https://doi.org/10.35816/jiskh.v10i2.171>
- Amalia, N. (2023). *Beberapa Tanaman Sumber Karbohidrat Pengganti Nasi*. Elementa Agro Lestari.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. (2012). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Gaithersburg Maryland: AOAC.
- Bolkvadze, N., Gvidani, S., Uridia, R., Tserodze, N., Kavtaradze, N., Tatiashvili, L., & Karkashadze, N. (2024). Formation of taste and aroma compounds by Maillard reaction during processing of food products. *Georgian Scientists*, 6(1), 112–119. <https://doi.org/10.52340/gs.2024.06.01.14>
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2021). *Peraturan BPOM Nomor 27 Tahun 2021 tentang Persyaratan Pangan Olahan Berasam Rendah Dikemas Hermetis*. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2022). *Peraturan BPOM Nomor 1 Tahun 2022 tentang Pengawasan Klaim pada Label dan Iklan Pangan Olahan*. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2023). *Peraturan BPOM Nomor 13 Tahun 2023 tentang Kategori Pangan*. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. (2020). *Produksi Tanaman Sayur 2020*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Eliza, E., Abresa, P., Susyani, S., & Sumarman, S. (2023). Asupan zat gizi makro, makanan jajanan, dan aktivitas fisik dengan status gizi anak SD. *Jurnal Pustaka Padi (Pusat Akses Kajian Pangan dan Gizi)*, 2(1), 1–7. <https://doi.org/10.55382/jurnalpustakapadi.v2i1.392>
- Fajariyanti, A., & Oktafa, H. (2022). *Kajian pembuatan cake substitusi tepung ampas tahu sebagai alternatif makanan selingan tinggi serat*.

- HARENA: *Jurnal Gizi*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.25047/harena.v3i1.3081>
- García-Parra, J., González-Cebrino, F., & Ramírez, R., 2020. Volatile compounds of a pumpkin (*Cucurbita moschata*) purée processed by high pressure thermal processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(12), 4449–4456. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10485>
- Hadi, A., Iskandar, I., Khazanah, W., & Rolando, M. (2021). Kombinasi pengemasan vakum dan iradiasi untuk memperpanjang masa simpan ikan kayu (Keumamah). *AcTion: Aceh Nutrition Journal*, 6(2), 181–188. <https://doi.org/10.30867/action.v6i2.547>
- Hartono, S., H. (2019). Studi: Konsumsi makanan siap saji di Indonesia meningkat, 28% kalori orang kota berasal dari *junk food* [diakses 2023 Nov 30]. <https://health.grid.id/read/351930138/studi-konsumsi-makanansiap-saji-diindonesia-meningkat-28-kalori-orang-kota-berasal-dari-junkfood?page=all>
- Hatta, H., & Sandalayuk, M. (2020). Pengaruh penambahan tepung labu kuning terhadap kandungan karbohidrat dan protein *cookies*. *Gorontalo Journal of Public Health*, 3(1), 41–50. <https://doi.org/10.32662/gjph.v3i1.892>
- Hou, F., Mu, T., Ma, M., & Blecker, C. (2020). Sensory evaluation of roasted sweet potatoes influenced by different cultivars: A correlation study with respect to sugars, amino acids, volatile compounds, and colors. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(9), e14646. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14646>
- Husain, N., Azis, R., & Engelen, A. (2020). Karakteristik bubur bayi instan berbahan dasar tepung beras merah dengan penambahan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* Lam). *Journal of Agritech Science (JASc)*, 4(1), 30–42. <https://doi.org/10.30869/jasc.v4i1.558>
- Indrianti, N., Afifah, N., & Sholichah, E. (2019). Pembuatan tepung komposit dari pati ganyong/garut dan tepung labu kuning sebagai bahan baku *flat noodle*. *Biopropal Industri*, 10(1), 49–63. <https://doi.org/10.36974/jbi.v10i1.4927>
- [Kemenkes] Kementerian Kesehatan RI. (2013). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 75 Tahun 2013 tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan Bagi Bangsa Indonesia. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- [Kemenkes] Kementerian Kesehatan RI. (2018). Data Komposisi Pangan Indonesia. [diakses 2025 Nov 30]. <https://www.panganku.org/id-ID/view>
- [Kemenkes] Kementerian Kesehatan RI. (2019). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- [Kementan] Kementerian Pertanian. (2021). Laporan Tahunan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. Jakarta: Direktorat Jenderal Tanaman Pangan.
- Kondororik, F., Martosupono, M., & Susanto, A. B. (2017). Peranan  $\beta$ -karoten dalam sistem imun untuk mencegah kanker. *Jurnal Biologi & Pembelajarannya*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.29407/jbp.v4i1.667>
- Kusnandar, F., Dafiq, H. H., Rahayu, W. P., & Irmawan, D. (2023). Evaluasi kecukupan panas dan pengembangan proses alternatif dalam sterilisasi komersial jamur kancing dalam kaleng. *Jurnal Mutu Pangan: Indonesian Journal of Food Quality*, 10(2), 100–107. <https://doi.org/10.29244/jmpi.2023.10.2.100>
- Lee, E. B., & Shin, W. S. (2023). Physicochemical and sensory properties of retort chicken curry mousse fortified with branched-chain amino acids for the elderly. *LWT*, 185, 115–133. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115133>
- Maherawati, M., Nurhikmat, A., Santoso, A., Rahayuni, T., & Hartanti, L. (2022). Pengaruh proses termal terhadap karakteristik fisikokimia pacri nanas kaleng. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 11(1), 34–39. <https://doi.org/10.17728/jatp.11979>
- Makori, S. I., Mu, T. H., & Sun, H. N. (2020). Total polyphenol content, antioxidant activity, and individual phenolic composition of different edible parts of 4 sweet potato cultivars. *Natural Product Communications*, 15(7), 1–12. <https://doi.org/10.1177/1934578X20936931>
- Mayanda, Z., P. (2024). *Gambaran konsumsi lemak dan serat dengan profil lipid penderita penyakit jantung koroner (Studi Kasus)* (Doctoral dissertation, Poltekkes Kemenkes Riau).
- Meilgaard, M., Gail, V. C., & Thomas, B. C. (2007). *Sensory Evaluation Techniques*. Boca Raton (USA): CRC Press.
- Muliananda, P., Iswahyudi, I., & Sofyaningsih, M. (2024). Pengaruh penambahan *puree* labu kuning terhadap kadar proksimat, beta karoten, dan sifat organoleptik *cookies* umbi garut bebas gluten. *Jurnal Gizi*, 13(1), 42–58. <https://doi.org/10.26714/jg.13.1.2024.42-58>
- Nakhon, P. P. N. S., Jangchud, K., Jangchud, A., & Prinyawiwatkul, W. (2017). Comparisons of physicochemical properties and antioxidant activities among pumpkin (*Cucurbita moschata* L.) flour and isolated starches from fresh

- pumpkin or flour. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(11), 2436–2444. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13528>
- Nawirska-Olszańska, A., Biesiada, A., Sokół-Łętowska, A., & Kucharska, A. Z. (2011). Content of bioactive compounds and antioxidant capacity of pumpkin puree enriched with Japanese quince, cornelian cherry, strawberry and apples. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 10(1), 51–60.
- Nurjanah, H., Setiawan, B., & Roosita, K. (2020). Potensi labu kuning (*Cucurbita moschata*) sebagai makanan tinggi serat dalam bentuk cair. *Indonesian Journal of Human Nutrition*, 7(1), 54–68. <https://doi.org/10.21776/ub.ijhn.2020.007.01.6>
- Nurmawi, Y., Robert, D., Restusari, L., Arsil, Y., Rajab, W., Kurniasih, D., Hanifah, H. N., Suarjana, I. M., Adam, Y., et al. 2024. *Bunga Rampai Biokimia dan Daur Kehidupan*. Cilacap (ID): PT Media Pustaka Indo.
- Octavia, R., Indriastuti, A., & Napang, S. (2023). Pembuatan flakes dari pangan tepung beras merah (*Oriza Niavara*) dengan penambahan labu kuning (*Cucurbita Moschata* Durch). *Journal of Chemical Process Engineering*, 8(1), 31–39. <https://doi.org/10.33536/jcpe.v8i1.1371>
- Rahayu, R. (2022). *Formulasi Pangan Darurat Dari Bipang Beras Merah (Oryza Glaberrima) Dengan Penambahan Kacang Hijau Tanpa Kulit (Phaseolus Radiata) dan Kacang Tanah (Arachis hypogaea (L.) Merr)* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Ridhani, M. A., & Aini, N. (2021). Potensi penambahan berbagai jenis gula terhadap sifat sensori dan fisikokimia roti manis: Review. *Pasundan Food Technology Journal (PFTJ)*, 8(3), 61–68. <https://doi.org/10.23969/pftj.v8i3.4106>
- Santana, D. A. P., Lestario, L. N., & Lewerissa, K. B. (2022). Pengaruh konsentrasi maltodekstrin terhadap kadar antosianin dan aktivitas antioksidan serbuk ekstrak buah duwet (*Syzygium cumini*). *Journal of Tropical AgriFood*, 4(2), 122–129. <https://doi.org/10.35941/jtaf.4.2.2022.9544.122-129>
- Suryadinata, R. V. (2018). Pengaruh radikal bebas terhadap proses inflamasi pada penyakit paru obstruktif kronis (PPOK). *Amerta Nutrition*, 2(4), 317–423. <https://doi.org/10.20473/amnt.v2i4.2018.317-324>
- Tridge. (2022). Production of Fresh Common Pumpkin in Indonesia. [diakses 2024 Okt 16]. <https://www.tridge.com/intelligences/commonpumpkin/ID/production>
- Truong, V. D., Avula, R. Y., Pecota, K. V., & Yencho, G. C. (2018). Sweet potato production, processing, and nutritional quality. *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*, 811–838.
- Twinomuhwezi, H., Awuchi, C. G., & Rachael, M. (2020). Comparative study of the proximate composition and functional properties of composite flours of amaranth, rice, millet, and soybean. *American Journal of Food Science and Nutrition*, 6(1), 6–19.
- Wang, Y. A. N., & Kays, S. J. (2001). Effect of cooking method on the aroma constituents of sweet potatoes [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]. *Journal of Food Quality*, 24(1), 67–78. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2001.tb00591.x>
- Wang, H., Yang, Q., Ferdinand, U., Gong, X., Qu, Y., Gao, W., Ivanistau, A., Feng, B., & Liu, M. (2020). Isolation and characterization of starch from light yellow, orange, and purple sweet potatoes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 160, 660–668. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.05.259>
- Wulandari, M. U. (2018). *Pengaruh Perbandingan Tepung Ubi Jalar Merah (Ipomea batatas L.) Termomodifikasi dengan Tepung Durum terhadap Karakteristik Fettucini* (Doctoral dissertation, Universitas Pasundan).
- Yao, Y., Zhang, R., Jia, R., Deng, Y., & Wang, Z. (2023). Impact of different cooking methods on the chemical profile of orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *LWT*, 173, 114288. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114288>
- Yuliansar, Y., Ridwan, R., & Hermawati, H. (2020). Karakterisasi pati ubi jalar putih, orange, dan ungu. *Jurnal Saintis*, 1(2), 1–13.
- Zahra, S., & Muhlisin, M. (2020). Nutrisi bagi atlet remaja. *JTIKOR (Jurnal Terapan Ilmu Keolahragaan)*, 5(1), 81–93. <https://doi.org/10.17509/jtikor.v5i1.25097>